

SUL AMERICANA DE METAIS

PROJETO BLOCO 8

EIA - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 4 ***CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENHIMENTO***

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO			
Razão social:	Brandt Meio Ambiente Ltda.	Site:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor:	Sérgio Avelar
Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34.006-042 - Nova Lima MG - Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - bma@brandt.com.br			

EQUIPE TÉCNICA DA BRANDT MEIO AMBIENTE		
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
TÉCNICO	FORMAÇÃO / REGISTRO PROF.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
Gustavo Henrique Tetzl Rocha	Eng. Metalurgista e de Segurança do Trabalho / Msc. Meio Ambiente CREA MG 75798/D	Revisão da Caracterização do Empreendimento

EMPREENDIMENTO	
Identificação	Projeto Bloco 8
CNPJ	08.289.492/0004-319
Endereço:	Rodovia BR-251 km 374 - Fazenda Cancela Vale das Cancelas - Grão Mogol - MG - CEP: 39.570-000
Telefone	(38) 3841-4212 / 5268
E-mail	contato@sammetais.com.br

EMPREENDEDOR	
Razão social	Sul Americana de Metais S.A.
CNPJ	08.289.492/0001-99
Endereço	Avenida Floripes Crispim, 1287 Lote 141E Quadra 11 Bairro Novo Panorama - Salinas - MG - CEP: 39.560-000
Telefone	(38) 3841-4212 / 5268
E-mail	contato@sammetais.com.br

REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO	
Representante Legal	Yongshi Jin
CPF	700.175.206-14
Endereço	Avenida do Contorno, 5919 / 10º andar Bairro Funcionários - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.110-927
Telefone	(31) 3071-8500
E-mail	jin@sammetais.com.br

EQUIPE TÉCNICA DA SUL AMERICANA DE METAIS S/A		
TÉCNICO	FORMAÇÃO / REGISTRO PROF.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
Eder de Silvio	Diretor de Engenharia	Caracterização do Empreendimento
Endereço	Avenida do Contorno, 5919 / 10º andar Bairro Funcionários - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.110-927	
Telefone(s)	(31) 3071-8500	
E-mail	gizelle.andrade@sammetais.com.br eder.silvio@sammetais.com.br	

Sumário

4 - DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	19
4.1 - Fase de Planejamento	20
4.1.1 - Premissas e Critérios de Projeto	20
4.1.2 - Estudos de Alternativas Tecnológicas e Locacionais	28
4.1.2.1 - Método de Lavra	28
4.1.2.2 - Beneficiamento do Minério	34
4.1.2.3 - Desaguamento do Rejeito	36
4.1.2.3.1 - Rejeitos Espessados Convencionalmente e de Alta Densidade	36
4.1.2.3.2 - Rejeitos em Pasta	37
4.1.2.3.3 - Rejeitos Filtrados	39
4.1.2.3.4 - Alternativa Tecnológica para o Desaguamento do Rejeito	40
4.1.2.3.5 - Seleção da Alternativa Tecnológica	47
4.1.2.4 - Manuseio e Disposição de Estéril e Rejeito	48
4.1.2.4.1 - Empilhamento a Seco	48
4.1.2.4.2 - Disposição de Rejeitos em Barragens	49
4.1.2.4.3 - Tecnologia Construtiva Selecionada	55
4.1.2.5 - Estruturas de Disposição de Estéril e Rejeitos - Alternativas Locacionais	55
4.1.2.5.1 - Barragens de Rejeitos - Alternativas Locacionais	64
4.1.2.5.1.1 - Alternativa 1	64
4.1.2.5.1.2 - Alternativa 2	65
4.1.2.5.1.3 - Alternativa Selecionada para a Barragem 1	71
4.1.2.5.1.4 - Alternativa Selecionada para a Barragem 2	71
4.1.2.5.2 - <i>Backfill</i>	71
4.1.2.5.2.1 - Alternativa Selecionada para o <i>Backfill</i>	72
4.1.2.6 - Estruturas de Captação e Armazenamento de Água	72
4.1.2.6.1 - Estudo de Alternativas das Estruturas	72
4.1.2.6.1.1 - Barragem Industrial - Alternativa 1	73
4.1.2.6.1.2 - Barragem Industrial - Alternativa 2	73
4.1.2.6.1.3 - Barragem Industrial - Alternativa 3	73
4.1.2.6.1.4 - Barragem do Vale - Alternativa 1	77
4.1.2.6.1.5 - Barragem do Vale - Alternativa 2	77
4.1.2.6.1.6 - Barragem do Vale - Alternativa 3	78
4.1.2.6.1.7 - Alternativas Selecionadas para Armazenamento de Água	81
4.1.2.7 - Barragem do Rio Vacaria	81
4.1.2.8 - Adutora de Irapé e Adutora da Barragem do Rio Vacaria	104
4.1.2.9 - Linha de Transmissão	105
4.1.3 - Plano Diretor do Empreendimento	106
4.1.4 - Estudos de Viabilidade Técnica e Ambiental	117
4.1.4.1 - Balanço Hídrico Integrado	117
4.1.4.1.1 - Fontes de Água Nova	118
4.1.4.1.1.1 - Reservatório da Barragem de Irapé	118
4.1.4.1.1.2 - Barragem do Rio Vacaria	118
4.1.4.1.1.3 - Barragens de Rejeitos 1 e 2	130
4.1.4.1.1.4 - Barragem Industrial	131
4.1.4.1.1.5 - Barragem do Vale	136
4.1.4.1.1.6 - Cava	146
4.1.4.1.1.7 - Córrego Lamarão	149
4.1.4.1.2 - Balanço Hídrico do Empreendimento	150
4.1.4.1.2.1 - Cenário 1: Pré-Operação	153
4.1.4.1.2.2 - Cenário 2: Fonte Principal de Água pela Barragem de Irapé	154
4.1.4.1.2.3 - Cenário 3: Fonte Principal de Água pela Barragem do Rio Vacaria	155
4.1.4.1.2.4 - Cenário 4: Fontes de Água Utilizando a Barragem de Irapé e Barragem do rio Vacaria	156
4.1.4.1.2.5 - Cenário 5: Fechamento	157
4.1.4.1.3 - Conclusões	158
4.1.4.1.4 - Monitoramento Hidrométrico	159
4.1.4.2 - Modelo Hidrogeológico Conceitual	161
4.1.4.3 - Modelo Numérico Hidrogeológico Conceitual	162
4.1.4.4 - Caracterização da Potencialidade de Geração de Drenagens Ácidas	168
4.1.4.5 - Estudos de Ruptura Hipotética das Barragens (<i>Dam Break</i>)	177
4.1.4.5.1 - Generalidades	178
4.1.4.5.2 - Informações Básicas	179
4.1.4.5.3 - Reservatórios das Barragens	179
4.1.4.5.4 - Síntese Metodológica	182
4.1.4.5.5 - Hidrogramas de Ruptura	182
4.1.4.5.5.1 - Hipóteses de Ruptura e Modo de Falha	182

4.1.4.5.5.2 - Definição do Volume de Material Mobilizado	182
4.1.4.5.5.3 - Condições Iniciais e de Contorno	183
4.1.4.5.5.4 - Definição do Critério de Parada	183
4.1.4.5.5.5 - Zona de Autossalvamento	183
4.1.4.5.5.6 - Modelo Matemático-Computacional	184
4.1.4.5.5.7 - Mapeamento da Inundação	184
4.1.4.5.6 - Resultados	184
4.1.4.5.6.1- Hidrogramas de Ruptura	184
4.1.4.5.6.2 - Propagação dos Hidrogramas	187
4.1.4.5.6.3 - Descrição Resumida do Potencial de Inundação	188
4.1.4.5.6.4 - Mapas de Inundação	189
4.1.4.5.7 - Estudo de Análise de Risco Ambiental	189
4.1.4.5.8 - Estudo da Pluma de Turbidez	191
4.1.4.6 - Planos de Ação de Emergência	196
4.1.4.7 - Estudo de Sísmica	197
4.1.4.7.1 - Sismo Natural	197
4.1.4.7.2 - Sismo Desencadeado	198
4.1.4.8 - Modelamento de Dispersão Atmosférica	201
4.1.4.9 - Estudos de Prospecção Espeleológica	202
4.1.4.10 - Estudo de Uso e Reuso do Rejeito	204
4.1.4.10.1 - Etapas e Resultados	205
4.1.4.10.2 - Integração dos Dados e Recomendações	212
4.1.4.10.3 - Conclusões	214
4.1.4.11 - Projeção Populacional em Condição de Fluxo Imigratório	215
4.1.4.12 - Cálculo da Capacidade de Suporte do Córrego Lamarão	226
4.1.4.13 - Levantamento de Cemitérios Irregulares na Área do Projeto	228
4.2 - Fase de Implantação	232
4.2.1 - Cronograma	232
4.2.2 - Atividades Construtivas Gerais	235
4.2.2.1 - Limpeza e Supressão de Vegetação	235
4.2.2.2 - Aberturas de Estradas de Acesso	237
4.2.2.3 - Obras de Terraplanagem e Desmontes de Rocha	237
4.2.2.4 - Transporte e Deposição de Material Excedente	237
4.2.2.5 - Obras Cíveis	237
4.2.2.6 - Montagem Eletromecânica	237
4.2.2.7 - Atividades de Implantação das Barragens	237
4.2.2.8 - Atividades de Implantação da Linha de Transmissão	241
4.2.3 - Investimentos	244
4.2.4 - Mão de Obra e Regime de Trabalho	245
4.2.5 - Alojamentos	247
4.2.6 - Canteiros de Obras	249
4.2.6.1 - Canteiros de Obras do Complexo Minerário	249
4.2.6.2 - Canteiro de Obras da Linha de Transmissão	255
4.2.6.3 - Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria	257
4.2.6.4 - Canteiros de Obras das Adutoras	258
4.2.6.5 - Canteiro de Obras da Barragem do Vale	261
4.2.7 - Planta de Produção de Agregados	261
4.2.8 - Usina de Produção de Concreto	264
4.2.9 - Áreas de Empréstimo e de Disposição de Material Excedente	264
4.2.10 - Insumos e Utilidades	266
4.2.10.1 - Água	266
4.2.10.2 - Energia Elétrica	266
4.2.10.3 - Outros Insumos Típicos	266
4.2.11 - Movimentação e Manutenção de Veículos e Equipamentos	267
4.2.12 - Aspectos e Controles Ambientais	267
4.2.12.1 - Emissões Atmosféricas	268
4.2.12.2 - Efluentes Líquidos Sanitários	268
4.2.12.3 - Águas Pluviais	270
4.2.12.4 - Efluentes Líquidos Industriais e Oleosos	270
4.2.12.5 - Resíduos Sólidos	271
4.2.12.6 - Ruído e Vibração	274
4.3 - Fase de Operação	274
4.3.1 - Vida Útil e Arrecadação de Impostos	274
4.3.2 - Instalações, Processos e Operações	276
4.3.2.1 - Lavra a Céu Aberto de Minério de Ferro	276
4.3.2.2 - Perfuração e Desmonte com Explosivos	285
4.3.2.3 - Fábrica de Explosivos	286
4.3.2.4 - Usina de Tratamento de Minério	291
4.3.2.4.1 - Descrição da Rota	291
4.3.2.4.2 - Britagens e Moagem	293
4.3.2.4.3 - Classificação	294

4.3.2.4.4 - Pré-concentração Magnética de Grossos	294
4.3.2.4.5 - Deslamagem de Finos	295
4.3.2.4.6 - Pré-concentração Magnética de Finos	295
4.3.2.4.7 - Pré-concentração Magnética <i>Scavenger</i>	296
4.3.2.4.8 - Remoagem de Grossos	296
4.3.2.4.9 - Remoagem de Finos	296
4.3.2.4.10 - Flotação de Grossos	297
4.3.2.4.11 - Flotação de Finos	297
4.3.2.4.12 - Manuseio de Rejeitos	297
4.3.2.4.13 - Espessamento de Lamas	298
4.3.2.4.14 - Espessamento de Concentrados	298
4.3.2.4.15 - Rejeitoduto	298
4.3.2.4.16 - Bacia de Descarga da Usina	300
4.3.2.5 - Barragem de Rejeitos 1	302
4.3.2.5.1 - Maciço	306
4.3.2.5.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna	306
4.3.2.5.3 - Sistema Extravasor	307
4.3.2.5.4 - Monitoramento	308
4.3.2.5.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017	308
4.3.2.5.6 - Alateamentos com Rejeito	309
4.3.2.6 - Barragem de Rejeitos 2	309
4.3.2.6.1 - Maciço	311
4.3.2.6.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna	311
4.3.2.6.3 - Sistema Extravasor	312
4.3.2.6.4 - Monitoramento	312
4.3.2.6.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017	312
4.3.2.7 - Atividades de Operação das Barragens 1 e 2	313
4.3.2.8 - <i>Backfill</i>	316
4.3.2.8.1 - Maciço	318
4.3.2.8.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna	319
4.3.2.8.3 - Sistema Extravasor	319
4.3.2.8.4 - Monitoramento	320
4.3.2.9 - Barragem Industrial	323
4.3.2.9.1 - Maciço	324
4.3.2.9.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna	324
4.3.2.9.3 - Sistema Extravasor	325
4.3.2.9.4 - Monitoramento	325
4.3.2.9.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017	325
4.3.2.10 - Adutoras de Água Bruta	326
4.3.2.10.1 - Adutora de Irapé	326
4.3.2.10.2 - Adutora do Rio Vacaria	329
4.3.2.11 - Núcleo de Apoio Administrativo	330
4.3.2.11.1 - Portarias e Estacionamentos	331
4.3.2.11.2 - Centro de Apoio ao Caminhoneiro / Centro de Treinamento / Auditório / Área de Lazer	331
4.3.2.11.3 - Vestiários	331
4.3.2.11.4 - Cozinha / Refeitório Central	332
4.3.2.11.5 - Ambulatórios	332
4.3.2.11.6 - Heliponto	332
4.3.2.12 - Núcleo de Apoio Operacional	332
4.3.2.12.1 - Oficinas Central de Manutenção / Oficina de Calderaria / Oficina de Veículos Pesados	333
4.3.2.12.2 - Estocagem de Diesel	334
4.3.2.12.3 - Posto de Abastecimento e Lavagem de Veículos Leves	335
4.3.2.12.4 - Galpão de Testemunhos	335
4.3.2.12.5 - Almoxarifado / Escritório / Área de Lazer	336
4.3.2.12.6 - Laboratório Físico Químico	336
4.3.2.12.7 - Sala de Controle	336
4.3.2.12.8 - Brigada de Incêndio	336
4.3.2.12.9 - Refeitórios	336
4.3.2.12.10 - Vestiário	337
4.3.2.12.11 - Estacionamento de Ônibus	337
4.3.2.12.12 - Subestações Elétricas	337
4.3.2.13 - Instalações de Controle Ambiental	337
4.3.2.13.1 - Estação de Tratamento de Água	338
4.3.2.13.2 - Estações de Tratamento de Esgotos	341
4.3.2.13.3 - Sistema de Drenagem Tratamento de Efluente Oleoso	345
4.3.2.13.4 - Sistema de Gerenciamento de Resíduos	345
4.3.2.14 - Linha de Transmissão de Energia Elétrica	348
4.3.2.15 - Barragem do Vale	353
4.3.2.15.1 - Maciço	354

4.3.2.15.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna.....	354
4.3.2.15.3 - Sistema Extravasor.....	355
4.3.2.15.4 - Monitoramento.....	355
4.3.2.15.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017.....	356
4.3.2.16 - Barragem do rio Vacaria.....	356
4.3.2.16.1 - Maciço.....	357
4.3.2.16.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna.....	357
4.3.2.16.3 - Sistema Extravasor.....	358
4.3.2.16.4 - Monitoramento.....	358
4.3.2.16.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017.....	358
4.3.3 - Mão de Obra e Regime de Trabalho.....	359
4.3.4 - Insumos e Utilidades.....	361
4.3.4.1 - Água.....	361
4.3.4.2 - Energia Elétrica.....	365
4.3.4.3 - Combustíveis.....	365
4.3.4.4 - Explosivos.....	365
4.3.4.5 - Amido.....	365
4.3.4.6 - Amina.....	366
4.3.4.7 - Ar Comprimido.....	366
4.3.4.8 - Bolas de Moinho.....	367
4.3.4.9 - Cal.....	368
4.3.4.10 - Dióxido de Carbono.....	368
4.3.4.11 - Coagulantes.....	368
4.3.4.12 - Floculantes.....	369
4.3.4.13 - Hidróxido de Sódio.....	369
4.3.4.14 - Silicato de Sódio.....	369
4.3.5 - Movimentação e Manutenção de Veículos e Equipamentos.....	370
4.3.6 - Produto.....	370
4.3.7 - Aspectos e Controles Ambientais.....	371
4.3.7.1 - Emissões Atmosféricas.....	371
4.3.7.2 - Efluentes Líquidos Sanitários.....	375
4.3.7.3 - Águas Pluviais.....	376
4.3.7.4 - Efluentes Líquidos Industriais e Oleosos.....	376
4.3.7.5 - Resíduos Sólidos.....	377
4.3.7.6 - Ruído e Vibração.....	380
4.3.8 - Medidas de Segurança e Controle.....	381
4.3.8.1 - Barragens de Água e Rejeitos.....	382
4.3.8.2 - Estrutura de Disposição de Estéril.....	383
4.4 - Fase de Descomissionamento e Fechamento.....	384
4.4.1 - Barragens de Rejeito e Disposição de Estéril.....	388
4.4.1.1 - Barragem 1.....	389
4.4.1.2 - Barragem 2.....	391
4.4.1.3 - Backfill.....	392
4.4.2 - Barragens e Adutoras de Água.....	392
4.4.3 - Estruturas Industriais e de Apoio.....	393
4.4.4 - Cava.....	393
4.4.5 - Linha de Transmissão.....	393
4.5 - Referências Bibliográficas.....	394
ANEXOS.....	399
ANEXO 1 - PROTOCOLOS DE INTENÇÃO ASSINADOS COM O GOVERNO DE MINAS GERAIS / DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO PÚBLICO PARA NEGOCIAÇÃO FUNDIÁRIA.....	401
ANEXO 2 - PLANO DIRETOR, ARRANJOS GERAIS E FLUXOGRAMAS DE PROCESSO.....	403
ANEXO 3 - DECLARAÇÕES MUNICIPAIS DE CONFORMIDADE COM O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE JOSENÓPOLIS, FRUTA DE LEITE, GRÃO MOGOL E PADRE CARVALHO.....	405
ANEXO 4 - MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL.....	407
ANEXO 5 - MODELO HIDROGEOLÓGICO NUMÉRICO.....	409
ANEXO 6 - BALANÇO HÍDRICO INTEGRADO / PARECER TÉCNICO RELATIVO AOS ESTUDOS DE BALANÇO HÍDRICO E HIDROGEOLÓGICOS.....	411
ANEXO 7 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) - BARRAGEM 1.....	413
ANEXO 8 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) - BARRAGEM 2.....	415
ANEXO 9 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) - BARRAGEM DO VALE.....	417
ANEXO 10 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) - BARRAGEM INDUSTRIAL.....	419
ANEXO 11 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (DAM BREAK) - BARRAGEM DO RIO VACARIA.....	421
ANEXO 12 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM 1.....	423
ANEXO 13 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM 2.....	425
ANEXO 14 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM DO VALE.....	427
ANEXO 15 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM INDUSTRIAL.....	429
ANEXO 16 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM DO RIO VACARIA.....	431
ANEXO 17 - RELATÓRIOS DE SISMO NATURAL E DESENCADEADO POR DETONAÇÃO.....	433
ANEXO 18 - MODELAMENTO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA.....	435

ANEXO 19 - RELATÓRIO TÉCNICO DO PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO DA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO	437
ANEXO 20 - PROJETOS CONCEITUAIS DAS BARRAGENS E <i>BACKFILL</i>	439
ANEXO 21 - RESPALDO TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS PARA DISPOSIÇÃO DOS REJEITOS	441
ANEXO 22 - MAPAS REPRESENTATIVOS DA DILUIÇÃO DE TURBIDEZ EM ÁREA DE SIMULAÇÃO DE <i>DAM BREAK</i> DA BARRAGEM 1	443

Quadros

QUADRO 4.1.1-1 - Plano de Produção em Massa para o Estéril gerado nas explorações da Cava	21
QUADRO 4.1.1-2 - Cálculo do Volume total de Estéril a ser gerado para os 18 Anos de Operação	22
QUADRO 4.1.1-3 - Plano de Produção em Massa para o rejeito total	23
QUADRO 4.1.1-4 - Distribuição em massa de: rejeito grosso (14%), rejeito fino (77%) e lama (9%) em relação ao rejeito total	23
QUADRO 4.1.1-5 - Cálculo da massa específica do rejeito depositado	24
QUADRO 4.1.1-6 - Volume total de rejeito para os 18 anos	24
QUADRO 4.1.1-7 - Fatores de Segurança Mínimos para barragens de mineração	26
QUADRO 4.1.1-8 - Período de Retorno a ser considerado para o dimensionamento dos sistemas extravasores	27
QUADRO 4.1.2-1 - Coordenadas das Posições dos Britadores	33
QUADRO 4.1.2-2 - Taxa de produção horárias médias	41
QUADRO 4.1.2-3 - Análise Comparativa entre as Modalidades de Desaguamento	43
QUADRO 4.1.2-4 - Tabela de <i>CAPEX</i> Simplificado para as Alternativas de Desaguamento dos Rejeitos	45
QUADRO 4.1.2-5 - Tabela de <i>OPEX</i> Simplificado para as Alternativas de Desaguamento	46
QUADRO 4.1.2-6 - Cálculo do VPL para o estudo de Alternativas de Desaguamento	46
QUADRO 4.1.2-7 - Aspectos técnicos referentes à barragem construída em etapa única e referentes às barragens construídas em etapas, segundo o método de alteamento	50
QUADRO 4.1.2-8 - Vantagens e desvantagens dos três tipos de barragens de rejeitos	51
QUADRO 4.1.2-9 - Área aproximada dos platôs mapeados	58
QUADRO 4.1.2-10 - Áreas e Volumes dos vales mapeados	58
QUADRO 4.1.2-11 - Áreas Foco dos Estudos de Viabilidade Locacional	59
QUADRO 4.1.2-12 - Custo de <i>CAPEX</i> e <i>OPEX</i> por tonelada de produto e rejeito	62
QUADRO 4.1.2-13 - Cálculo do VPL para o estudo de viabilidade locacional	62
QUADRO 4.1.2-14 - Comparação Entre as Alternativas Estudadas para a Barragem 1	69
QUADRO 4.1.2-15 - Comparação Entre as Alternativas Estudadas para a Barragem 2	69
QUADRO 4.1.2-16 - Comparação entre as alternativas estudadas para a Barragem Industrial	75
QUADRO 4.1.2-17 - Comparação Entre as Alternativas Estudadas para a Barragem do Vale	79

QUADRO 4.1.2-18 - Comparativo dos Níveis de N.A.....	85
QUADRO 4.1.2-19 - Dados do Reservatório no Nível D'água Selecionado	86
QUADRO 4.1.2-20 - Síntese das Características Técnicas da Barragem do Rio Vacaria.....	89
QUADRO 4.1.2-21 - Vazões médias mensais em m³/s da Estação ANA 54165000 - Ponte Vacaria	92
QUADRO 4.1.2-22 - Frequência de vazões mínimas de 7 dias versus tempo de retorno	94
QUADRO 4.1.2-23 - Quantitativo de materiais de construção.....	97
QUADRO 4.1.2-24 - Parâmetros de resistência dos materiais	98
QUADRO 4.1.2-25 - Coeficientes de segurança mínimos para análise de estabilidade.....	99
QUADRO 4.1.2-26 - Resultados das análises de estabilidade	102
QUADRO 4.1.3-1 - Principais Características das Instalações e Estruturas - Operação do Projeto	107
QUADRO 4.1.3-2 - Principais Características das Instalações e Estruturas - Implantação do Projeto	111
QUADRO 4.1.4-1 - Totais mensais de precipitação (mm)	119
QUADRO 4.1.4-2 - Totais mensais de evaporação (mm).....	120
QUADRO 4.1.4-3 - Vazões bombeadas para atendimento do Projeto Bloco 8 e Governo.....	120
QUADRO 4.1.4-4 - Vazões bombeadas para auxiliar enchimento da barragem Industrial.....	121
QUADRO 4.1.4-5 - Síntese das demandas anuais no período de implantação e operação.....	121
QUADRO 4.1.4-6 - Vazões residuais resultantes a jusante	122
QUADRO 4.1.4-7 - Vazões captadas x Riscos de não atendimento	123
QUADRO 4.1.4-8 - Síntese do balanço hídrico médio mensal	124
QUADRO 4.1.4-9 - Perdas e Utilidades	130
QUADRO 4.1.4-10 - Vazões passíveis a serem captadas nos reservatórios das barragens 1 e 2	131
QUADRO 4.1.4-11 - Resumo das Características da Barragem de Água Industrial.....	134
QUADRO 4.1.4-12 - Número de habitantes do Vale das Cancelas e região rural no entorno.....	137
QUADRO 4.1.4-13 - Cronograma de Implantação/operação da barragem do córrego do Vale	137
QUADRO 4.1.4-14 - Totais mensais de precipitação (mm)	138
QUADRO 4.1.4-15 - Totais mensais de evaporação (mm).....	139
QUADRO 4.1.4-16 - Síntese do balanço hídrico médio mensal	144
QUADRO 4.1.4-17 - Alteração nas vazões de base das sub-bacias dos córregos Lamarão e Mundo Novo.....	147
QUADRO 4.1.4-18 - Expectativa de captação no fundo de cava.	148
QUADRO 4.1.4-19 - Expectativa de captação no fundo de cava (ano 05 de Operação).....	148
QUADRO 4.1.4-20 - Disponibilidade hídrica para captação a fio d'água nas seções propostas	150
QUADRO 4.1.4-21 - Consumo efetivo de água no empreendimento	150

QUADRO 4.1.4-22 - Perdas consideradas no balanço hídrico	151
QUADRO 4.1.4-23 - Fontes para atendimento da demanda de água nova	151
QUADRO 4.1.4-24 - Descrição dos pontos de monitoramento (<i>Datum</i> SAD 69)	160
QUADRO 4.1.4-25 - Alteração nas vazões de base das sub-bacias dos córregos Lamarão e Mundo Novo.....	165
QUADRO 4.1.4-26 - Amostras compostas para o estudo de predição DAM.	169
QUADRO 4.1.4-27 - Especificação de enxofre nas amostras.	170
QUADRO 4.1.4-28 - Potenciais de acidez (PN) e neutralização (PA)	171
QUADRO 4.1.4-29 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (a)	173
QUADRO 4.1.4-30 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (b)	174
QUADRO 4.1.4-31 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (c).....	175
QUADRO 4.1.4-32 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (d)	176
QUADRO 4.1.4-33 - Síntese do modelamento de hipótese mais extrema/conservadora do <i>Dam Break</i> , indicando os tempos de chegada e de passagem de cheia em núcleos urbanos.....	190
QUADRO 4.1.4-34 - Limites de vibração pelo terreno conforme norma ABNT 9653:2005.....	199
QUADRO 4.1.4-35 - Cavidades identificadas na área do Complexo Minerário	203
QUADRO 4.1.4-36 - Resultados dos testes de resiliência e resistência mecânica à compressão	212
QUADRO 4.1.4-37 - Estimativa de Contratações e Desligamentos de Mão de Obra Local e Imigrante - Fase de Implantação	217
QUADRO 4.1.4-38 - Estimativa de Contratações de Mão de Obra na Fase de Implantação - utilizada para fins de cálculo do Fluxo Migratório Associado ao Projeto	218
QUADRO 4.1.4-39 - População Estimada para a Área de Estudo e Quantitativo de Mão de obra Imigrante - Fase de Implantação	219
QUADRO 4.1.4-40 - Taxa de Crescimento Populacional Médio Anual da População Total, dos municípios da Área de Estudo - período de 2000 a 2018	220
QUADRO 4.1.4-41- CENÁRIO 1 - SEM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2000 a 2010	221
QUADRO 4.1.4-42 - CENÁRIO 2 - COM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2000 a 2010	221
QUADRO 4.1.4-43 - CENÁRIO 3 - SEM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2010 a 2018	223
QUADRO 4.1.4-44 - CENÁRIO 4 - COM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2010 a 2018	223
QUADRO 4.1.4-45 - CENÁRIO 5 - SEM O EMPREENDIMENTO - Usando como base a média das taxas de crescimento populacional observadas no período de 2000-2010 e 2010-2018	225
QUADRO 4.1.4-46 - CENÁRIO 6 - COM O EMPREENDIMENTO - Usando como base a média das taxas de crescimento populacional observadas no período de 2000-2010 e 2010-2018	225
QUADRO 4.1.4-47 - Parâmetros considerados e resultados dos cálculos de lançamento de efluentes sanitários no córrego Lamarão	227

QUADRO 4.2.3-1 - Estimativa de Investimento (x R\$ 1.000.000,00)	245
QUADRO 4.2.6-1 - Canteiros de Obras do Complexo Minerário.....	253
QUADRO 4.2.6-2 - Canteiro de Obras da Linha de Transmissão	255
QUADRO 4.2.6-3 - Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria	257
QUADRO 4.2.6-4 - Canteiros de Obras das Adutoras	259
QUADRO 4.2.12-1 - Tipos de resíduos armazenamento temporário e destinação final para a fase de obras	272
QUADRO 4.3.2-1 - Plano de produção	282
QUADRO 4.3.2-2 - Resumo da Frota.....	283
QUADRO 4.3.2-3 - Frota Requerida ao Longo da Vida Útil.....	284
QUADRO 4.3.2-4 - Parâmetros de Perfuração	285
QUADRO 4.3.2-5 - Parâmetros de Detonação	286
QUADRO 4.3.2-6 - Consumo de Explosivos (ANFO)	286
QUADRO 4.3.2-7 - Consumíveis envolvidos no desmonte.....	287
QUADRO 4.3.2-8 - Insumos necessários à fabricação de explosivos.....	288
QUADRO 4.3.2-9 - Quantidades de insumos armazenados para a fabricação de explosivos	288
QUADRO 4.3.2-10 - Ficha técnica da Barragem 1	302
QUADRO 4.3.2-11 - Instrumentos de monitoramento - Barragem 1.	308
QUADRO 4.3.2-12 - Resumo da Classificação - Barragem 1	308
QUADRO 4.3.2-13 - Ficha Técnica da Barragem 2.	309
QUADRO 4.3.2-14 - Instrumentos de monitoramento - Barragem 2	312
QUADRO 4.3.2-15 - Resumo da Classificação da Barragem 2.....	313
QUADRO 4.3.2-16 - Distribuição das proporções em percentagem da disposição dos rejeitos grossos, finos e lama para a Barragem 1	314
QUADRO 4.3.2-17 - Distribuição das proporções em percentagem da disposição dos rejeitos grossos, finos e lama para a Barragem 2	314
QUADRO 4.3.2-18 - Ficha Técnica do <i>Backfill</i>	317
QUADRO 4.3.2-19 - Extravasor do reservatório do <i>Backfill</i>	320
QUADRO 4.3.2-20 - Tipos de instrumentos de monitoramentos - sistema de drenagem do <i>Backfill</i>	320
QUADRO 4.3.2-21 - Cálculo do Volume Real de Estéril a ser Disposto	322
QUADRO 4.3.2-22 - Ficha Técnica da Barragem Industrial	323
QUADRO 4.3.2-23 - Tipos de instrumentos de monitoramento - Barragem Industrial.....	325
QUADRO 4.3.2-24 - Resumo da Classificação da Barragem Industrial	326
QUADRO 4.3.2-25 - Características principais na qualidade da água.	339

QUADRO 4.3.2-26 - Dados Técnicos da Linha de Transmissão.....	349
QUADRO 4.3.2-27 - Pontos de Deflexão dos Vértices - Eixo Principal da LT	351
QUADRO 4.3.2-28 - Pontos de Deflexão dos Vértices - Trecho Variante 1 da LT.....	351
QUADRO 4.3.2-29 - Pontos de Deflexão dos Vértices - Trecho Variante 2 da LT.....	352
QUADRO 4.3.2-30 - Ficha Técnica da Barragem do Vale.....	354
QUADRO 4.3.2-31 - Tipos de instrumentos de monitoramento - Barragem do Vale.	355
QUADRO 4.3.2-32 - Resumo da Classificação da Barragem do Vale	356
QUADRO 4.3.2-33 - Síntese das Características Técnicas da Barragem do Rio Vacaria.....	357
QUADRO 4.3.2-34 - Tipos de instrumentos de monitoramento - Barragem do Rio Vacaria.....	358
QUADRO 4.3.2-35 - Resumo da Classificação da Barragem do Rio Vacaria.....	359
QUADRO 4.3.4-1 - Perdas e Utilidades e Recuperação de Água	362
QUADRO 4.3.7-1 - Tipos de resíduos, armazenamento temporário e destinação final na fase de operação	378

Figuras

FIGURA 4.1.2-1 - Alternativas Locacionais para o Posicionamento da Pilha de Minério de Baixo Teor (Pilha de Oportunidade).....	31
FIGURA 4.1.2-2 - <i>Layout</i> com Cava Final e Pilha de Minério de Baixo Teor	32
FIGURA 4.1.2-3 - Cronograma de Relocação de Britagens	33
FIGURA 4.1.2-4 - Diagrama Esquemático da Rota de Processo	36
FIGURA 4.1.2-5 - Geometrias de Disposição de Rejeito	38
FIGURA 4.1.2-6 - Deposição de rejeito em pasta - PASTE, Bulyanhulu Gold Mine, Tanzânia	39
FIGURA 4.1.2-7- Curva granulométrica dos rejeitos do Projeto Bloco 8.....	40
FIGURA 4.1.2-8 - Diferença de textura, consistência, teor de sólidos e tensão de escoamento ou bombeamento entre rejeito em polpa, espessado, pasta e filtrado	42
FIGURA 4.1.2-9 - Formas de alteamento de barragem: (a) alteamento por montante, (b) alteamento por jusante ou barragem única, e (c) alteamento por linha de centro.....	49
FIGURA 4.1.2-10 - Compactação do rejeito grosso para alteamento do talude de jusante.....	52
FIGURA 4.1.2-11 - Modelo de disposição de rejeitos no reservatório de barragens e formação de praia	53
FIGURA 4.1.2-12 - Barragem de rejeitos alteada por jusante e com lançamento dos rejeitos no fundo do reservatório	54
FIGURA 4.1.2-13 - Balanço hídrico de uma barragem com lançamento de rejeitos no fundo do reservatório	54
FIGURA 4.1.2-14 - Regiões inseridas na área limite do empreendimento.....	56
FIGURA 4.1.2-15 - Vale e platôs identificados no raio de 30 km em relação ao empreendimento para os estudos de viabilidade locacional.	57

FIGURA 4.1.2-16 - Regiões de direito minerários requeridos na área estudada	59
FIGURA 4.1.2-17 - Áreas selecionadas para o estudo de viabilidade locacional no estudo realizado em 2013	61
FIGURA 4.1.2-18 - Arranjo geral das áreas foco dos estudos, definidas para a disposição de estéril e rejeitos na área do Bloco 8	64
FIGURA 4.1.2-19 - Localização do reservatório e barragem do rio Vacaria	83
FIGURA 4.1.2-20 - Relação cota versus área versus volume	86
FIGURA 4.1.2-21 - Medidas de Cota e Vazão Plotadas e Linha da Curva Chave	91
FIGURA 4.1.2-22 - Ampliação da Parte Baixa da Curva Chave	91
FIGURA 4.1.2-23 - Hidrograma de vazões médias mensais	93
FIGURA 4.1.2-24 - Frequência de vazões mínimas de 7 dias versus tempo de retorno	96
FIGURA 4.1.2-25 - Linhas de fluxo do barramento	100
FIGURA 4.1.2-26 - Análise de Estabilidade Final de Construção - Caso 1	101
FIGURA 4.1.2-27 - Análise de Estabilidade Percolação Estável - Caso 2	102
FIGURA 4.1.2-28 - <i>Layout</i> da implantação do empreendimento	103
FIGURA 4.1.2-29 - Croqui Ilustrativo da Barragem do Rio Vacaria	104
FIGURA 4.1.3-1 - Arranjo Geral Projeto Bloco 8 - Fase de Operação - Final do Ano 18 de Operação	113
FIGURA 4.1.3-2 - Arranjo Geral Projeto Bloco 8 - Fase de Implantação	115
FIGURA 4.1.4-1 - Níveis de água no reservatório da barragem do rio Vacaria	125
FIGURA 4.1.4-2 - Vazões vertidas no reservatório da barragem do rio Vacaria	126
FIGURA 4.1.4-3 - Hidrograma de vazões a jusante do reservatório da barragem do rio Vacaria (Cenário Mínimo)	127
FIGURA 4.1.4-4 - Hidrograma de vazões a jusante do reservatório da barragem do rio Vacaria (Cenário Médio)	128
FIGURA 4.1.4-5 - Hidrograma de vazões a jusante do reservatório da barragem do rio Vacaria (Cenário Máximo)	129
FIGURA 4.1.4-6 - Área de drenagem do empreendimento e Ponto de Controle do Lamarão	133
FIGURA 4.1.4-7 - Área de drenagem do córrego Lamarão	136
FIGURA 4.1.4-8 - Vazões derivadas (entradas) e captadas (saídas) na barragem do córrego do Vale	140
FIGURA 4.1.4-9 - Variação dos Níveis de Água no Reservatório	142
FIGURA 4.1.4-10 - Vertimentos do reservatório da barragem do córrego do Vale ao longo do período simulado	143
FIGURA 4.1.4-11 - Vazões derivadas e captadas no reservatório da barragem do córrego do Vale (cenário fechamento)	145
FIGURA 4.1.4-12 - Características das seções fluviais estudadas	149
FIGURA 4.1.4-13 - Manejo hídrico esquemático para o Projeto Bloco 8	152

FIGURA 4.1.4-14 - Balanço hídrico esquemático para o período de pré-operação do Projeto Bloco 8	154
FIGURA 4.1.4-15 - Balanço hídrico esquemático durante a operação do Projeto Bloco 8 considerando a barragem de Irapé como fonte principal de água nova.....	155
FIGURA 4.1.4-16 - Balanço hídrico esquemático durante a operação do Projeto Bloco 8 considerando a barragem de rio Vacaria como fonte principal de água nova.....	155
FIGURA 4.1.4-17 - Balanço hídrico esquemático durante a operação do Projeto Bloco 8 considerando a barragem de Irapé e a barragem do rio Vacaria como fontes principais de água nova	157
FIGURA 4.1.4-18 - Cronograma de implantação das estruturas de manejo integrado de recursos hídricos	158
FIGURA 4.1.4-19 - Seções fluviais para monitoramento hidrométrico	160
FIGURA 4.1.4-20 - Localização das nascentes cadastradas sob as futuras estruturas	165
FIGURA 4.1.4-21 - Variação de carga hidráulica para as condições de simulação do cenário 2	166
FIGURA 4.1.4-22 - Ilustração do MDT utilizado no estudo.....	179
FIGURA 4.1.4-23 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado inicial (sem escala).....	179
FIGURA 4.1.4-24 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala)	180
FIGURA 4.1.4-25 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado inicial (sem escala).....	180
FIGURA 4.1.4-26 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala)	180
FIGURA 4.1.4-27 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório (sem escala).....	181
FIGURA 4.1.4-28 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório	181
FIGURA 4.1.4-29 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório	181
FIGURA 4.1.4-30 - Composição do hidrograma de ruptura em termos de volume.....	183
FIGURA 4.1.4-31 - Croqui da brecha - Barragem de rejeito 1 - Cenário inicial.....	185
FIGURA 4.1.4-32 - Croqui da brecha – Barragem de rejeito 1 - Cenário final	185
FIGURA 4.1.4-33 - Croqui da brecha – Barragem de rejeito 2 - Cenário inicial	185
FIGURA 4.1.4-34 - Croqui da brecha – Barragem de rejeito 2 - Cenário final	185
FIGURA 4.1.4-35 - Croqui da brecha - Vacaria	186
FIGURA 4.1.4-36 - Croqui da brecha - Barragem Industrial	186
FIGURA 4.1.4-37 - Croqui da brecha - Barragem do Vale	186
FIGURA 4.1.4-38 - Mapa Representativo da Diluição de Turbidez em Área de Simulação de <i>Dam Break</i> da Barragem 1	193
FIGURA 4.1.4-39 - Turbidez estimada de acordo com a distância da barragem de rejeitos 1	195
FIGURA 4.1.4-40 - Contes mostrando zona mineralizada projetada abaixo das cavidades.....	203
FIGURA 4.1.4-41 - Classificação e tratamento de materiais granulares para usos de pavimentos	205
FIGURA 4.1.4-42 - Resultados de Florescência de Raios-X	208
FIGURA 4.1.4-43 - Resultados de concentrações de metais e metalóides nas amostras SAM LA-01 e RJ-01 em µg/g (média de triplicatas de amostras)	208

FIGURA 4.1.4-44 - Resultados de concentrações de metais nas amostras SAM LA-01 e RJ-01 em mg/g (média de triplicatas de amostras)	209
FIGURA 4.1.4-45 - Resultado resistência à compressão uniaxial	209
FIGURA 4.1.4-46 - Localização de Cemitérios Irregulares	231
FIGURA 4.2.1-1 - Cronograma de Implantação do Projeto Bloco 8	234
FIGURA 4.2.1-2 - Arranjo Geral do Projeto Bloco 8 - Final das atividades de pré-produção	235
FIGURA 4.2.4-1- Histograma de mão de obra durante a implantação	246
FIGURA 4.2.5-1 - Localização da Área dos Alojamentos	248
FIGURA 4.2.6-1 - Localização da Área dos Canteiros de Obras do Complexo Minerário	252
FIGURA 4.2.6-2 - Localização do Canteiro de Obras da Linha de Transmissão	256
FIGURA 4.2.6-3 - Localização do Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria	258
FIGURA 4.2.6-4 - Localizações dos Canteiros de Obras das Adutoras do Rio Vacaria e de Irapé	260
FIGURA 4.2.7-1 - Fluxograma do processo da Planta de Produção de Agregados	263
FIGURA 4.2.9-1 - Localizações das Áreas de Empréstimo (AE) e de Disposição de Material Excedente (ADME)	265
FIGURA 4.3.1-1 - Cronograma Geral das Atividades do Projeto Bloco 8	275
FIGURA 4.3.1-2 - Estimativa de Impostos	276
FIGURA 4.3.2-1 - Cava final semi operacional	279
FIGURA 4.3.2-2 - Alimentação da Usina de Tratamento de Minério	281
FIGURA 4.3.2-3 - Produção da Usina de Tratamento de Minério	281
FIGURA 4.3.2-4 - Movimentação da Mina	281
FIGURA 4.3.2-5 - Croqui da Fábrica de Explosivos	290
FIGURA 4.3.2-6 - Fluxograma Resumido do Processo de Beneficiamento	292
FIGURA 4.3.2-7 - Layout das tubulações do rejeitoduto	300
FIGURA 4.3.2-8 - Localização da Bacia de Descarga da Usina	301
FIGURA 4.3.2-9 - Arranjo geral do Dique de Partida - Barragem 1	303
FIGURA 4.3.2-10 - Seção do Dique de Partida - Barragem 1	303
FIGURA 4.3.2-11 - Seção Ombreira Esquerda - Barragem 1	303
FIGURA 4.3.2-12 - Arranjo Geral Final - Barragem 1	304
FIGURA 4.3.2-13 - Seção do Barramento Final - Barragem 1	304
FIGURA 4.3.2-14 - Seção Ombreira Esquerda final - Barragem 1	304
FIGURA 4.3.2-15 - Arranjo geral - Dique Auxiliar 1	305
FIGURA 4.3.2-16 - Seção típica - Dique Auxiliar 1	305

FIGURA 4.3.2-17 - Arranjo geral - Barragem 2 - Etapa Inicial.....	310
FIGURA 4.3.2-18 - Arranjo geral - Barragem 2 - Etapa Final	310
FIGURA 4.3.2-19 - Metodologia de barragem de rejeitos alteada pela linha de centro	311
FIGURA 4.3.2-20 - Arranjo Geral do <i>Backfill</i>	318
FIGURA 4.3.2-21 - Seção típica do <i>Backfill</i>	318
FIGURA 4.3.2-22 - Rota proposta para a adutora de Irapé	327
FIGURA 4.3.2-23 - Corte esquemático da vala de instalação da adutora.....	328
FIGURA 4.3.2-24 - Traçado proposto para a adutora da barragem do rio Vacaria.....	329
FIGURA 4.3.2-25 - <i>Layout</i> típico de uma ETA	341
FIGURA 4.3.2-26 - Diagrama das Estações de Tratamento de Esgoto	343
FIGURA 4.3.2-27 - Vista em perspectiva da ETE	344
FIGURA 4.3.2-28 - Planta ilustrativa da ETE	344
FIGURA 4.3.2-29 - Localização da Central de Materiais Descartáveis (CMD)	348
FIGURA 4.3.2-30 - Traçado da LT 345 kv (Irapé - Bloco 8)	350
FIGURA 4.3.3-1 - Histograma de mão de obra durante a operação	360
FIGURA 4.3.4-1 - Balanço de Água da Usina de Tratamento de Minério (m ³ /h)	362
FIGURA 4.3.7-1 - Modelo esquemático de alteamento e revegetação da barragem.....	374
FIGURA 4.4-1 - Arranjo Geral Projeto Bloco 8 - Final do Ano 18 de Operação	385
FIGURA 4.4-2 - Barragem 1 - Descomissionamento - Arranjo Geral	390
FIGURA 4.4-3 - Barragem 2 - Descomissionamento - Arranjo Geral	392

4 - DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A descrição do Projeto Bloco 8 foi estruturada levando-se em consideração suas fases de planejamento, implantação, operação e descomissionamento/fechamento.

Em relação à fase de planejamento, são apresentadas informações sobre:

- Premissas e critérios de projeto;
- Estudos de alternativas tecnológicas e locacionais;
- Plano diretor do empreendimento;
- Estudos de viabilidade técnica e ambiental, tais como: Balanço Hídrico Integrado; Modelo Hidrogeológico Conceitual; Modelo Numérico Hidrogeológico Conceitual; Caracterização da Potencialidade de Geração de Drenagens Ácidas; Estudos de Ruptura Hipotéticas das Barragens (*Dam Break*); Planos de Ação de Emergência; Estudo de Sísmica; Modelamento de Dispersão Atmosférica; Estudos de Prospecção Espeleológica; Estudos de Vibração; Estudo de Uso e Reuso do Rejeito; Projeção Populacional em Condição de Fluxo Migratório; Estudo de Capacidade de Suporte do Córrego Lamarão; Levantamentos Espeleológicos; Levantamentos de Cemitérios Irregulares na Área do Projeto.

Os estudos citados acima foram elaborados com o objetivo de consolidar a concepção do Plano Diretor do Projeto Bloco 8, assim como a sua viabilidade técnica e ambiental, a partir do entendimento do seu contexto locacional.

A fase de implantação contempla informações concernentes às atividades de obras propriamente ditas, tais como:

- Cronograma;
- Atividades construtivas;
- Investimentos;
- Mão de obra e regime de trabalho;
- Alojamentos;
- Canteiros de obras;
- Planta de produção de agregados;
- Usina de produção de concreto;
- Áreas de empréstimo e de disposição de material excedente;
- Insumos e utilidades;
- Movimentação e manutenção de veículos e equipamentos;
- Aspectos e controles ambientais.

Na fase de operação são caracterizados as atividades operacionais do Projeto Bloco 8, a partir da apresentação de informações sobre:

- Vida útil e arrecadação de impostos;
- Instalações, Processos e Operações (Lavra a céu aberto; Perfuração e desmonte com explosivos; Fábrica de explosivos; Usina de tratamento de minério; Barragem de rejeitos 1; Barragem de rejeitos 2; *Backfill*; Barragem Industrial; Adutoras de Irapé e do rio Vacaria; Núcleo administrativo; Núcleo de apoio operacional; Instalações de controle ambiental; Linha de transmissão; Barragem do Vale; Barragem do rio Vacaria);
- Mão de obra e regime de trabalho;
- Insumos e utilidades;
- Movimentação e manutenção de veículos e equipamentos;
- Produto;
- Aspectos e controles ambientais.

Como etapa final da descrição do empreendimento, são apresentadas informações sobre a fase de descomissionamento e fechamento do Projeto Bloco 8. São contempladas informações sobre:

- Barragens de rejeito e disposição de estéril (barragens 1 e 2 e *backfill*);
- Barragens de água (barragens Industrial e do Vale);
- Estruturas industriais e de apoio;
- Cava;
- Linha de transmissão de energia elétrica.

4.1 - Fase de Planejamento

4.1.1 - Premissas e Critérios de Projeto

Para a elaboração do estudo do Projeto Bloco 8, foram adotadas premissas de projeto, bem como consideradas algumas limitações existentes na área do futuro empreendimento, conforme listado a seguir:

- Otimização na locação das estruturas necessárias às atividades de mineração que permitissem o uso de menor área ocupada;
- Identificação de áreas e de tecnologias que atendessem à melhor viabilidade ambiental;
- Identificação de áreas e de tecnologias que garantissem a melhor segurança para as estruturas estudadas;
- Respeito às limitações existentes na futura área do empreendimento (cavidades de máxima relevância);
- Busca pela otimização do CAPEX (*Capital Expenditure* – Despesas de Capital ou Investimento em Bens de Capital) e OPEX (*Operational Expenditure* – Despesas Operacionais) para as estruturas selecionadas;
- Atendimento ao plano de produção e geração de rejeitos do empreendimento;

- Atendimento às distribuições granulométricas do rejeito - rejeito grosso (14%), rejeito fino (77%) e lama (9%) - e às características do estéril (fator de empolamento de 30%);
- Atendimento, por parte das estruturas de disposição de estéril e rejeitos, dos volumes requeridos pelo Projeto Bloco 8;
- Atendimento ao plano de balanço de massas do empreendimento;
- Atendimento à necessidade de água para operação do empreendimento (6200m³/h);
- Atendimento às leis e normas referentes à segurança para barragens de mineração;
- Estruturas situadas dentro dos limites do empreendimento;
- Estudos baseados na topografia da área do empreendimento;
- Interferências e limites baseados nos documentos disponibilizados pela SAM, sendo compatível com o plano de produção e geração de rejeitos do empreendimento;
- O plano de produção e geração de rejeitos apresenta as distribuições em massas do rejeito e do estéril. Para a conversão das quantidades em volume, buscou-se a realização de estudos para a avaliação das condições de rejeito adensado (comportamento em termos de disposição hidráulica nos reservatórios das barragens) e para os volumes de estéril utilizou-se valores de referência para os pesos específicos aparentes;
- Foi considerado um fator de empolamento de 30% para o estéril;
- O plano de produção em massa de estéril foi desenvolvido em termos das quantidades em massa (t - toneladas), considerando o início das atividades desde a fase de pré-produção (*“pré stripping”*) até o último ano das atividades da lavra (Ano 18), conforme apresentado no Quadro 4.1.1-1;
- Estudos geométricos dos platôs e acessos da área industrial do Projeto Bloco 8;
- Sequenciamento das Cavas - Ano 0 a Ano 18, plano de lavra, desenvolvido pela VENTURINI Consultoria, em 2018;
- Posição das britagens em relação ao sequenciamento da lavra de 18 anos, conforme documento “Estudo de relocação da Britagem” desenvolvido pela VENTURINI Consultoria;
- Arranjo geométrico da pilha de minério de oportunidades apresentado no documento “pilha de oportunidade” elaborada pela VENTURINI Consultoria;
- Rampa de acesso entre a mina e a usina de tratamento de minério do Projeto Bloco 8.

QUADRO 4.1.1-1 - Plano de Produção em Massa para o Estéril gerado nas explorações da Cava

Ano	Estéril Compacto (10 ³ x t)	Estéril Não Compacto (10 ³ x t)	Estéril total (10 ³ x t)
Pré-produção	94	14.954	15.048
1	670	23.381	24.051
2	654	20.497	21.142
3	64	21.689	21.753
4	802	19.899	20.701
5	89	12.094	12.183
6	203	21.716	21.919
7	1.167	20.212	21.379
8	74	9.654	9.728
9	415	7.487	7.902

Ano	Estéril Compacto ($10^3 \times t$)	Estéril Não Compacto ($10^3 \times t$)	Estéril total ($10^3 \times t$)
10	346	13.417	13.762
11	211	7.527	7.737
12	1.138	6.757	7.895
13	4.476	6.294	10.770
14	73	6.439	6.513
15	115	5.414	5.529
16	437	4.689	5.126
17	1.057	5.691	6.748
18	441	8.531	8.972
Total	12.518	236.340	248.858

Fonte: WALM, 2018.

- A estimativa do volume do estéril a ser gerado para o Projeto Bloco 8 foi realizada tomando-se como referência o peso específico do material de $1,60 \text{ t/m}^3$ ($16,00 \text{ kN/m}^3$), compatível com os pesos específicos de materiais similares e com as mesmas características granulométricas. A seguir são apresentados os volumes de estéril para os 18 anos de operação;

QUADRO 4.1.1-2 - Cálculo do Volume total de Estéril a ser gerado para os 18 Anos de Operação

Ano	Estéril Compacto ($10^3 \times t$)	Estéril Não Compacto ($10^3 \times t$)	Estéril total ($10^3 \times t$)	Estéril total ($10^3 \times \text{m}^3$)	Estéril total (considerando empolamento) ($10^3 \times \text{m}^3$)	Estéril acumulado (considerando empolamento) ($10^3 \times \text{m}^3$)
0	94	14.954	15.048	9.405	12.226	12.226
1	670	23.381	24.051	15.032	19.542	31.768
2	654	20.497	21.142	13.214	17.178	48.946
3	64	21.689	21.753	13.596	17.675	66.620
4	802	19.899	20.701	12.938	16.819	83.440
5	89	12.094	12.183	7.615	9.899	93.339
6	203	21.716	21.919	13.699	17.809	111.148
7	1.167	20.212	21.379	13.362	17.371	128.518
8	74	9.654	9.728	6.080	7.904	136.422
9	415	7.487	7.902	4.939	6.420	142.842
10	346	13.417	13.762	8.602	11.182	154.024
11	211	7.527	7.737	4.836	6.286	160.311
12	1.138	6.757	7.895	4.934	6.415	166.726
13	4.476	6.294	10.770	6.731	8.750	175.476
14	73	6.439	6.513	4.070	5.291	180.767
15	115	5.414	5.529	3.456	4.493	185.260
16	437	4.689	5.126	3.204	4.165	189.425
17	1.057	5.691	6.748	4.217	5.482	194.907
18	441	8.531	8.972	5.607	7.290	202.197

Ano	Estéril Compacto (10 ³ x t)	Estéril Não Compacto (10 ³ x t)	Estéril total (10 ³ x t)	Estéril total (10 ³ x m³)	Estéril total (considerando empolamento) (10 ³ x m³)	Estéril acumulado (considerando empolamento) (10 ³ x m³)
Total	12.518	236.340	248.858	155.536	202.197	

Fonte: WALM, 2018.

- O plano de produção em massa de rejeito foi desenvolvido em termos das quantidades em massa (t - Toneladas) dos rejeitos totais a serem dispostos em barragens no Projeto Bloco 8, conforme mostrado a seguir:

QUADRO 4.1.1-3 - Plano de Produção em Massa para o rejeito total

Ano	Rejeito Total Acumulado (10 ³ x t)	Rejeito Total (10 ³ x t)
0		
1	62.379	62.379
2	137.105	74.727
3	213.497	76.392
4	288.802	75.305
5	371.453	82.651
6	446.024	74.570
7	519.829	73.805
8	603.676	83.847
9	695.108	91.433
10	779.371	84.262
11	871.602	92.231
12	959.232	87.630
13	1.046.015	86.783
14	1.134.061	88.046
15	1.221.072	87.012
16	1.314.258	93.186
17	1.419.006	104.748
18	1.510.120	91.114
Total		1.510.120

Fonte: WALM, 2018.

- No processo industrial serão gerados rejeitos grossos, finos e lama, levando-se em consideração a distribuição de massas apresentadas a seguir;

QUADRO 4.1.1-4 - Distribuição em massa de: rejeito grosso (14%), rejeito fino (77%) e lama (9%) em relação ao rejeito total

Ano	Rejeito Total Acumulado (10 ³ x t)	Rejeito Total (10 ³ x t)	Rejeito Grosso (10 ³ x t)	Rejeito Fino (10 ³ x t)	Lama (10 ³ x t)
0					

Ano	Rejeito Total Acumulado (10 ³ x t)	Rejeito Total (10 ³ x t)	Rejeito Grosso (10 ³ x t)	Rejeito Fino (10 ³ x t)	Lama (10 ³ x t)
1	62.379	62.379	8.733	48.032	5.614
2	137.105	74.727	10.462	57.539	6.725
3	213.497	76.392	10.695	58.822	6.875
4	288.802	75.305	10.543	57.985	6.777
5	371.453	82.651	11.571	63.642	7.439
6	446.024	74.570	10.440	57.419	6.711
7	519.829	73.805	10.333	56.830	6.642
8	603.676	83.847	11.739	64.562	7.546
9	695.108	91.433	12.801	70.403	8.229
10	779.371	84.262	11.797	64.882	7.584
11	871.602	92.231	12.912	71.018	8.301
12	959.232	87.630	12.268	67.475	7.887
13	1.046.015	86.783	12.150	66.823	7.811
14	1.134.061	88.046	12.326	67.795	7.924
15	1.221.072	87.012	12.182	66.999	7.831
16	1.314.258	93.186	13.046	71.753	8.387
17	1.419.006	104.748	14.665	80.656	9.427
18	1.510.120	91.114	12.756	70.158	8.200
Total		1.510.120	211.417	1.162.792	135.911

Fonte: WALM, 2018.

- Os resultados obtidos dos cálculos para determinação dos pesos específicos são apresentados a seguir;

QUADRO 4.1.1-5 - Cálculo da massa específica do rejeito depositado.

Parâmetros do Rejeito	Símbolo	Unidade	Rejeito Grosso	Rejeito Fino	Lama
Densidade dos sólidos	G _s	--	2,78	2,80	2,85
Índice de vazios do rejeito depositado	e	n/a	0,90	1,00	1,85
Massa específica seca do rejeito depositado	ρ _d	t/m ³	1,46	1,40	1,00

Fonte: WALM, 2018.

O quadro seguinte apresenta o volume total dos rejeitos para o Projeto Bloco 8;

QUADRO 4.1.1-6 - Volume total de rejeito para os 18 anos

Ano	Rejeito Total (10 ³ x m ³)	Rejeito Grosso (10 ³ x m ³)	Rejeito Fino (10 ³ x m ³)	Lama (10 ³ x m ³)
0				
1	45.904	5.982	34.308	5.614
2	54.991	7.166	41.100	6.725

Ano	Rejeito Total (10 ³ x m ³)	Rejeito Grosso (10 ³ x m ³)	Rejeito Fino (10 ³ x m ³)	Lama (10 ³ x m ³)
3	56.216	7.325	42.016	6.875
4	55.416	7.221	41.418	6.777
5	60.822	7.925	45.458	7.439
6	54.876	7.151	41.014	6.711
7	54.313	7.077	40.593	6.642
8	61.702	8.040	46.116	7.546
9	67.284	8.768	50.288	8.229
10	62.008	8.080	46.344	7.584
11	67.872	8.844	50.727	8.301
12	64.486	8.403	48.196	7.887
13	63.863	8.322	47.731	7.811
14	64.792	8.443	48.425	7.924
15	64.031	8.344	47.856	7.831
16	68.574	8.936	51.252	8.387
17	77.083	10.044	57.612	9.427
18	67.050	8.737	50.113	8.200
Total	1.111.283	144.806	830.566	135.911

Fonte: WALM, 2018.

- Para os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, serão gerados 1.111.283.000 m³ (1.111 Mm³) de rejeitos;
- O material proveniente das escavações obrigatórias das estruturas e/ou de áreas de empréstimo localizadas na área do próprio empreendimento, somado ao estéril proveniente de abertura da lavra, serão utilizados como material de construção das barragens do Projeto Bloco 8;
- Adicionalmente poderá ser utilizado solo proveniente de áreas de empréstimo a serem estabelecidas no interior dos reservatórios formados pelas barragens;
- O alteamento das barragens será realizado com a extensão do filtro septo vertical nos alteamentos sucessivos para controle do nível freático interno do maciço, providência que se configura em grande melhoria de segurança, quando comparada à metodologia tradicionalmente utilizada;
- No caso de alteamento da Barragem 1 com o próprio rejeito, será utilizado rejeito grosso que apresenta características geotécnicas favoráveis, do ponto de vista de resistência, estabilidade e permeabilidade. O rejeito grosso será compactado no talude de jusante, melhorando sobremaneira sua compacidade e resistência, de modo a eliminar o risco de liquefação estática, providência que se configura como significativa melhoria de segurança, quando comparado à metodologia tradicionalmente utilizada;
- Os diques iniciais das barragens de rejeito utilizarão estéril na pré-produção (*pré-stripping*) e materiais das escavações obrigatórias para a implantação da Planta Industrial;
- Construção da Bacia bacia de Descarga descarga da usina para armazenamento das descargas da Planta Industrial na porção sul do reservatório da Barragem 2;
- Capacidade inicial de armazenamento das barragens, considerando a relação Volume de Maciço x Volume de Reservatório;

- Condições de ocupação do reservatório de modo a propiciar praias de rejeito compatíveis para os alteamentos considerados para as etapas de construção das barragens de rejeito;
- Crescimentos anuais dos reservatórios para as estruturas alteadas;
- Para as análises sísmicas foram realizadas análises pseudo-estáticas para as condições de sismo natural e desencadeado pelas detonações na cava do Projeto Bloco 8;
- O dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna do dique de partida (filtro vertical, tapete central) foi realizado considerando-se a metodologia de Darcy para Fluxos laminares;
- O dimensionamento hidráulico para a determinação da área mínima do dreno de fundo foi calculado utilizando o Método de Wilkins;
- As análises de estabilidade para a validação das geometrias propostas foram obtidas a partir do software Slide, versão 2018, desenvolvido pela *Rocscience*, adotando-se o critério de ruptura de *Mohr-Coulomb*, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método *GLE/ Morgenstern Price*.

Conforme instrução da SAM, para a elaboração do estudo do Projeto Bloco 8, foram adotados critérios de projeto, em consonância com as normas vigentes. São elas:

- Para o projeto, não foi avaliado o método de alteamento por montante, em conformidade com a Lei nº 3.676/2016, que proíbe a construção de barragem destinada à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos de mineração pelo método de alteamento a montante no Estado de Minas Gerais;
- Os estudos foram balizados pela ABNT NBR 13.028/2017 denominada “Mineração - Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”;
- Para o projeto, foram considerados nas análises, de forma a garantir a segurança das estruturas, os riscos dos seguintes mecanismos de ruptura: instabilidade, galgamento, erosão interna e liquefação, conforme preconizados pela norma NBR 13.028/ 2017;
- Para as análises de estabilidade, deverão ser obedecidos os fatores de segurança preconizados pela norma NBR 13.028/2017, conforme apresentado a seguir, com exceção do fator de segurança mínimo entre bermas que deverá ser igual a 1,50;.

QUADRO 4.1.1-7 - Fatores de Segurança Mínimos para barragens de mineração

Fase	Tipo de Ruptura	Talude	Fator de Segurança Mínimo
Final de Construção	Maciço e Fundações	Montante e Jusante	1,30
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e Fundações	Jusante	1,50
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Maciço e Fundações	Jusante	1,30
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório	Maciço	Montante	1,10
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,50
		Entre bermas	1,50

Fase	Tipo de Ruptura	Talude	Fator de Segurança Mínimo
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,10

Fonte: ABNT NBR 13.028, 2017.

- Para o sistema extravasor foram considerados os períodos de retorno estabelecidos pela norma NBR 13.028/ 2017 resumidas a seguir.

QUADRO 4.1.1-8 - Período de Retorno a ser considerado para o dimensionamento dos sistemas extravasores

Consequências ou Dano Potencial	Período de Retorno de Projeto (período operacional)	Período de Retorno de Projeto (período de fechamento)
Baixo	200 a 500 anos	10.000 anos ou PMP
Médio	500 a 1.000 anos	10.000 anos ou PMP
Alto	1.000 anos a PMP	10.000 anos ou PMP

Fonte: ABNT NBR 13.028, 2017.

Cabe mencionar também que, para o desenvolvimento do Projeto Bloco 8, foram utilizadas as normativas técnicas em vigor no Brasil e que apresentam as recomendações para projetos de estruturas de disposição de estéril e rejeito em atividades de mineração representadas pelas seguintes normas:

- NBR 13.028 (ABNT, 2017): “Mineração - Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água”;
- NBR 13.029 (ABNT, 2017): “Mineração - Elaboração e Apresentação de Projeto de Disposição de Estéril em Pilha”.

Para os estudos ainda foram considerados os requerimentos da Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017, que estabelece as diretrizes referentes a elaboração do plano de segurança e das inspeções periódicas de barragens de mineração que se enquadram dentro da Política Nacional de Barragens, conforme a Lei Federal nº 12.334/2010, e critérios da DN COPAM N° 87, de 17 de junho de 2005, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.

Além das normas à aplicáveis à disposição do rejeito e do estéril do Projeto Bloco 8, foram utilizados ainda, as seguintes normativas para o desenvolvimento dos estudos:

- LEI N° 3.676/2016. Dispõe sobre o licenciamento ambiental e a fiscalização de barragens no Estado;
- Portaria N° 237, de 18/10/2001, DOU de 19/10/2001. Dispõe sobre as Normas Reguladoras de Mineração;
- NRM-19 Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos;
- NRM-20 Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras;

- NRM-21 Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas;
- NBR 9653 (ABNT, 2018) - Avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações;
- NBR 11.682 (ABNT, 2009) - Estabilidade de taludes;
- NBR 10.004 (ABNT, 2004) - Resíduos Sólidos: classificação;
- NBR 7881 (ABNT, 1968) - Granulometria por Peneiramento e Sedimentação;
- NBR 6508 (ABNT, 1984) - Massa Específica Real dos Grãos;
- NBR 6457 (ABNT, 2016) - Teor de Umidade Natural;
- NBR 10.838 (ABNT, 1988) - Massa Específica Aparente;
- NBR 7182 (ABNT, 2016) - Compactação Proctor normal.

4.1.2 - Estudos de Alternativas Tecnológicas e Locacionais

Nesse item são apresentados os estudos das alternativas locacionais e tecnológicas desenvolvidas para as estruturas, instalações e operações relacionadas com o projeto.

A partir da seleção das alternativas tecnológicas, foram desenvolvidos os estudos de alternativas de viabilidade locacional das estruturas, considerando as características físicas da região, bem como as áreas disponíveis, a posição da cava, a localização da usina de tratamento de minério, dentre outros. Para o estudo de alternativas de localização das estruturas de captação de água, foram estudadas as disponibilidades hídricas superficiais da região e as demandas da comunidade do Vale das Cancelas e do empreendimento. Já para as estruturas de armazenamento de água e de disposição de rejeitos e estéréis foram consideradas as possíveis geometrias e características construtivas.

4.1.2.1 - Método de Lavra

Foram realizados estudos de quatro alternativas com diferentes métodos de lavra, a saber:

- **Cenário convencional (1):** utilização de equipamentos convencionais de grande porte, caminhões 320t com escavadeiras hidráulicas de 40m³ e carregadeiras de 38m³. O posicionamento dos britadores é fixo e localizado próximo à usina de tratamento de minério;
- **Cenário IPCC (*in pit crushing and conveying*) semimóvel (2):** utilização de equipamentos convencionais de grande porte, caminhões 320t com escavadeiras hidráulicas de 40m³ e carregadeiras de 38m³. Adoção de unidades de britagem do tipo semimóvel, alternando posições dentro da cava e transporte por correia do material / minério até a usina de tratamento de minério;

- **Cenário IPCC (*in pit crushing and conveying*) totalmente móvel (3)**: utilização de britadores móveis dentro da cava com auxílio de correias, caminhões 240t e equipamentos de carregamento, escavadeiras hidráulicas de 27m³ e 55m³ e carregadeiras de 14m³. Os caminhões serão utilizados de forma complementar para o transporte de estéril e minério em áreas não operacionais para o sistema totalmente móvel. A estratégia deste cenário prevê a aplicação de dois sistemas *Truckless*, sendo um utilizado para operação na porção norte da mina e outro na porção sul. Os dois sistemas não serão operados simultaneamente, quando um dos sistemas não estiver operando, este terá o papel similar ao britador semimóvel para operação com caminhões;
- **Cenário minerador contínuo (4)**: utilização de mineradores contínuos para substituir parcialmente algumas atividades de lavra (perfuração e desmonte). Propõem a operação de lavra com equipamentos de grande porte com caminhões de 320t, mineradores contínuos e carregadeiras de 38m³. No caso do minerador contínuo não serão utilizados britadores para o material lavrado por este equipamento, no caso, o minério total da lavra. No lugar dos britadores considerou-se a estrutura de silos, localizados nas mesmas posições em que os britadores do cenário convencional foram planejados.

Comparação cenário convencional (1) x cenário semimóvel (2)

O cenário semimóvel consegue manter equalizada a distância média de transporte ao longo da vida útil da mina, contra o cenário convencional, que aumenta muito a necessidade de caminhões para suprir essa distância elevada ao longo dos anos, sendo também um aspecto ambiental importante.

Outras questões consideradas:

- caminhões de grande porte operam melhor em menores distâncias. Entretanto, quando as distâncias de transporte se tornam elevadas há maiores riscos operacionais associados ao desgaste prematuro de peças, superaquecimento dos motores e etc. Com isso o risco operacional do cenário convencional pode elevar os custos da lavra, bem como contribuir para a geração de impactos ambientais como alteração dos níveis de ruído e da qualidade do ar, entre outros;
- A quantidade de caminhões em operação no cenário semimóvel é muito menor, obtendo vantagem sob o ponto de vista econômico e ambiental.

Comparação cenário semimóvel (2) x cenário totalmente móvel (3)

A comparação do método semimóvel com o cenário totalmente móvel (3) mostra que, sob o ponto de vista operacional, o cenário totalmente móvel é reconhecidamente mais complexo de se aplicar e, portanto, não tem vantagens sobre o método semimóvel. Outra questão importante é que o cenário totalmente móvel apresenta custos de investimento mais elevados, quando comparado ao semimóvel, apesar de seus custos operacionais de lavra serem similares, para o caso do Projeto Bloco 8.

Comparação cenários convencional (1) e semimóvel (2) x cenário minerador contínuo (4)

Os cenários semimóvel e convencional, quando comparados ao cenário com uso de minerador contínuo (4), mostram que a produtividade estimada para os mineradores contínuos é muito inferior, quando comparada às operações com perfuração, desmonte e carregamento.

Tais cenários tornam-se muito discrepantes, especialmente devido aos custos extremamente elevados dos mineradores contínuos. De outro lado, os custos de perfuração, desmonte e britagem do minério são aceitáveis nos cenários semimóvel e convencional.

Feitas as diversas análises operacionais e técnicas, concluiu-se que os cenários convencional (1) e semimóvel (2) apresentam-se como as melhores alternativas ao Projeto Bloco 8.

Cenário escolhido

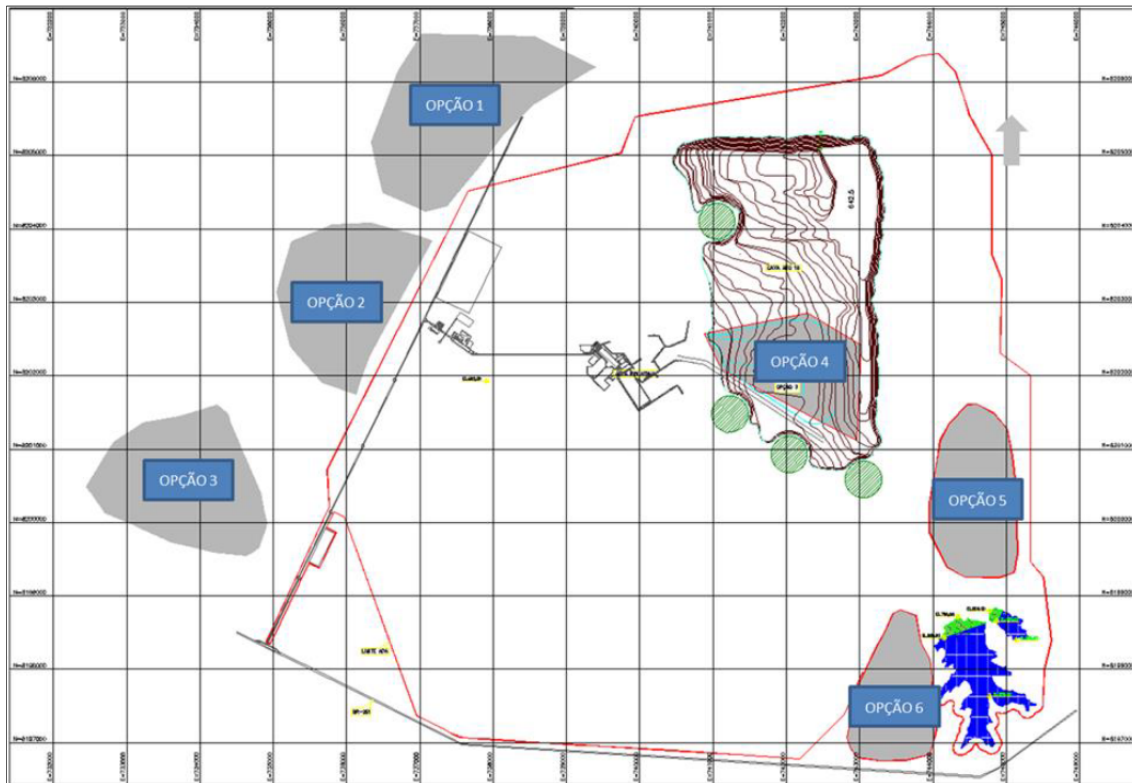
Feitas todas as considerações de ordem técnica e operacional, o cenário IPCC (*in pit crushing and conveying*), utilizando unidades de britagem do tipo semimóvel, é o mais indicado para o Projeto Bloco 8 e foi selecionado como base para o desenvolvimento dos trabalhos.

Pilha de minério de baixo teor e disposição de estéril

Durante os 18 anos de vida útil da mina, será gerado um material com muito baixo teor de ferro, que será estocado para ser retomado em momento futuro, caso haja oportunidade econômica e ambiental.

Para definir a melhor alternativa para o posicionamento dessa estrutura, foi feita uma análise de opções de locação, conforme Figura 4.1.2-1. Foram observadas regiões a leste da cava (opções 5 e 6) e também à oeste (opções 1, 2 e 3). Ao final, sob o ponto de vista ambiental e econômico, estas opções foram descartadas, sendo selecionada a opção 4 como área para a disposição deste material. Em função de sua localização dentro da cava, tal opção implica em menor área impactada, menos susceptibilidade a impactos ambientais como carregamento de sólidos, arraste eólico, entre outros e menor distância de transporte.

FIGURA 4.1.2-1 - Alternativas Locacionais para o Posicionamento da Pilha de Minério de Baixo Teor (Pilha de Oportunidade)



Fonte: VENTURINI, 2018.

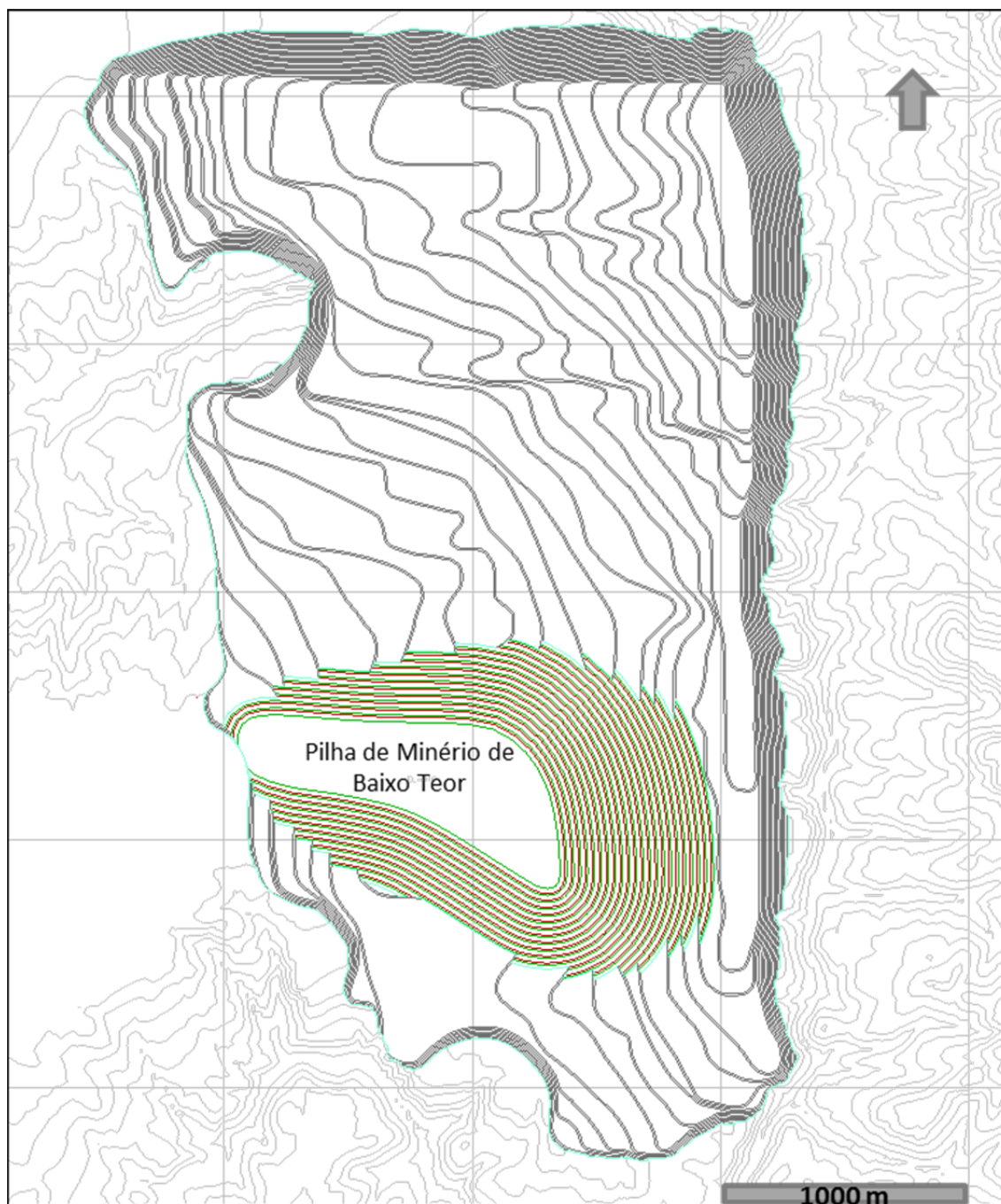
As opções 1, 2 e 3 distam cerca de 5 km da borda oeste da cava, distância considerada muito alta, o que aumentaria muito o número de caminhões a serem utilizados para o transporte. Além de ampliar a área diretamente afetada, uma futura retomada desse material impactaria em uma grande distância aos britadores, novamente aumentando a frota de caminhões quando comparadas à opção 4.

A opção 6 foi descartada devido às mesmas condições: grandes distâncias e número de caminhões. A opção 5 fica bem próxima à área de lavra e consequentemente dos britadores. Porém, foi descartada por estar localizada em área onde há ocorrência mineral de terceiros. Também possui uma distância de transporte maior quando comparada à opção 4.

A opção dentro da cava (opção 4) demanda a menor frota de caminhões possível e está localizada próxima aos britadores. Em caso de uma retomada deste material, esta se daria com uma menor frota de caminhões e também toda a atividade seria desenvolvida dentro da cava.

Esta menor distância de transporte impacta diretamente no número de caminhões em operação e consequentemente uma menor emissão de material particulado e de gases de combustão, sendo também a melhor opção sob o ponto de vista econômico e socioambiental, uma vez que ocupará uma área que já estará alterada pelas atividades de lavra.

O *layout* escolhido para locação da pilha de baixo teor (oportunidade) é mostrado a seguir.

FIGURA 4.1.2-2 - Layout com Cava Final e Pilha de Minério de Baixo Teor

Fonte: VENTURINI, 2018.

Em relação ao estéril, o material gerado no período entre o ano de pré-produção até o Ano 4 (parcial) será depositado nas regiões onde serão formados os diques das barragens de rejeito 1 e 2 a serem construídas para o projeto.

Já o estéril, gerado a partir do Ano 5 de produção, será empilhado dentro da cava, opção que propicia a melhor relação custo benefício, demandando uma menor frota de caminhões e também uma menor emissão de particulados e gases de combustão, pois as distâncias percorridas são menores e todas dentro da cava. Destaca-se também o fato de que ocupará uma área que já se encontrará alterada pelas atividades de lavra.

A disposição do estéril em cava é possível porque esse depósito, particularmente, proporciona rápida liberação de fundo, devido à sua geometria espacial, que demonstra uma formação sub-horizontal com potência variável do corpo mineralizado, ao longo de sua extensão, sendo a porção da extremidade oeste de baixa espessura e um aumento gradativo até máxima espessura na porção extremo leste.

Posicionamento de britagens e correias

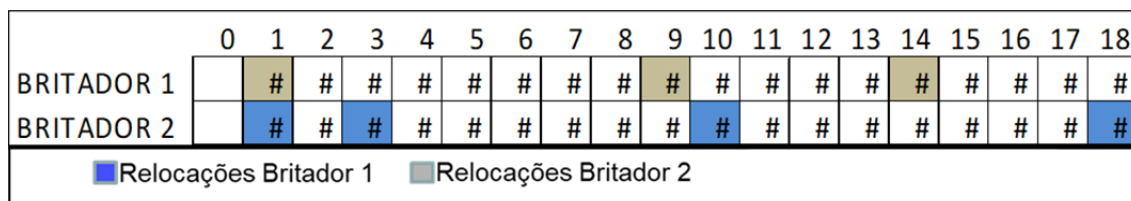
Para estudo do posicionamento das unidades de britagem do tipo semimóvel, foi definido que as relocações deverão ocorrer, no mínimo a cada 5 anos. A exceção relaciona-se à primeira mudança de posição do Britador 2, que deverá ser feita no Ano 3 de produção da mina, devido à necessidade de liberação de área para disposição de rejeito, com redução significativa na distância de transporte para o minério.

Foram simuladas várias opções de posicionamento dos britadores, para se obter o arranjo mais adequado em relação à otimização das distâncias de transporte para o minério oriundo das frentes de lavra e transportado, via caminhões de 320t, até a unidade de britagem mais próxima.

A capacidade de cada unidade de britagem está estipulada em 60 Mtpa. De acordo com a demanda de minério na alimentação, estão sendo considerados dois britadores até o final da vida útil da mina. Isto porque, até este ano, a necessidade de alimentação na usina não ultrapassará 120 Mtpa, devido à estratégia de alimentação da usina com teores de corte variáveis.

A seguir é apresentado o cronograma de relocação de britadores ao longo de toda a vida útil da mina.

FIGURA 4.1.2-3 - Cronograma de Relocação de Britagens



Fonte: VENTURINI, 2018.

A seguir são apresentadas as coordenadas da posição dos britadores em cada momento de realocação previsto no cronograma proposto acima.

QUADRO 4.1.2-1 - Coordenadas das Posições dos Britadores

Britador	Ano	X	Y	Z
Brita_01	1	740.991,0	8.201.991,8	910,0
Brita_1.1	9	741.970,9	8.201.241,4	807,5
Brita_1.2	14	742.572,9	8.202.886,4	732,5
Brita_02	1	740.973,7	8.202.743,6	882,5
Brita_2.1	3	741.516,6	8.203.770,9	732,5

Britador	Ano	X	Y	Z
Brita_2.2	10	742.084,0	8.203.499,2	762,5
Brita_2.3	18	742.378,6	8.204.246,4	627,5

Fonte: VENTURINI, 2018.

4.1.2.2 - Beneficiamento do Minério

A etapa seguinte à definição de recursos minerais é o desenvolvimento das rotas de processo, que consiste em identificar modos de processamento que viabilizem o aproveitamento do recurso.

Os primeiros estudos de processo datam de 2008 e envolveram, ao longo do tempo, um grande número de entidades, dentre as quais destacam-se:

- USP (mineralogia, 2008, 2013);
- CETEM (piloto, 2009);
- SGS (análises químicas, 2009/2014);
- Fundação Gorceix (bancada, 2010; piloto, 2012/2013, variabilidade 2014);
- CITIC / China (WI, 2011);
- Inbrás / Eriez (bancada, 2012; piloto, 2014);
- Metso (britabilidade, 2012; vertimill / EUA, 2012);
- KHD / Chile (piloto HPGR, 2012);
- HDA (DWT, 2012);
- CSU / China (bancada, 2013);
- Bokela / Itália (filtragem a disco, 2013);
- Brass (reologia de polpa, 2013);
- FLSmidth (espessamento e filtragem, 2013);
- Outotec (espessamento em bancada e piloto, 2013; remoagem / Finlândia, 2013).

Dadas as dificuldades específicas do minério, seu baixo teor e mineralogia atípica, o desenvolvimento dos estudos foi bastante longo, cerca de 5 anos. Ao final, obteve-se sucesso, demonstrado em planta piloto, com testes de longa duração, que permitiram aferição de todos os parâmetros mais importantes para desenho da planta de beneficiamento do minério.

As principais conclusões dos diversos estudos podem ser sintetizadas assim:

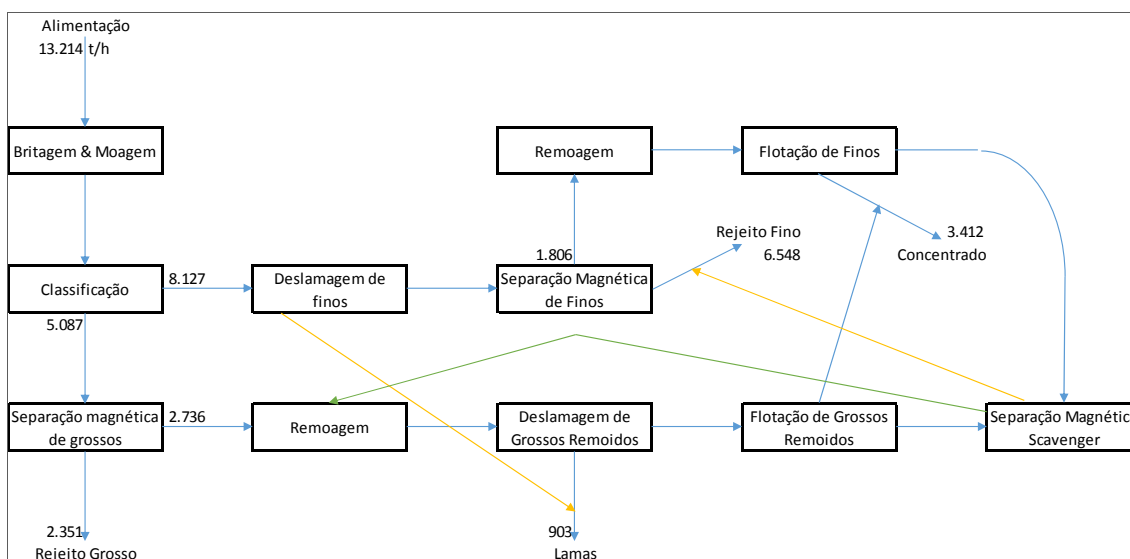
- o minério é fácil de britar (resistência à compressão simples < 40 MPa), gera muitos finos e tem baixa abrasividade ($A_i < 0,1$);

- testes piloto de HPGR (*High Pressure Grinding Roller*) feitos pela KHD mostraram grande capacidade, baixa abrasividade e grande geração de finos (F80 = 45 μ m; P80 = 3,1 mm), com baixo consumo de energia (1,3 kWh/t);
- baixo consumo de energia na moagem primária (~ 2,5 kWh/t ROM), com alta geração de finos (60% do produto da moagem primária já está liberado);
- a deslamagem será feita por floculação seletiva, com baixo consumo de energia, elevada performance e forte benefício para o processo;
- pré-concentração magnética de alto campo atinge recuperação acima de 91%;
- a remoagem requererá cerca de 10 kWh/t, consumo energético comparativamente baixo em relação a outros projetos;
- na flotação foram testados vários reagentes e esquemas de flotação, em todas as escalas possíveis, de bancada a piloto;
- a performance da flotação é robusta, recuperação metálica acima de 96% e concentrado final frequentemente acima de 67% Fe;
- o processo é estável e compatível com algumas alternativas de reagentes;
- o depressor é amido e o coletor amina;
- a flotação mostrou-se muito eficaz na remoção de quartzo, micas e apatita;
- foi possível estabelecer modelo geometalúrgico para o depósito;
- a eficiência do processo desenvolvido permitiu elevada recuperação do conteúdo no depósito, contribuindo sobremaneira para sua viabilização técnica, ambiental e econômica.

A Figura 4.1.2-4 apresenta, esquematicamente, o processo que, basicamente, ocorrerá com as seguintes etapas:

- britagem e moagem (inclui britagem primária, peneiramento, britagem secundária, cominuição em prensa de rolos (HPGR) e moinhos tubulares);
- classificação;
- deslamagem;
- separação magnética de grossos (> 0,075mm) e finos;
- remoagem;
- flotação;
- espessamento de rejeitos;
- espessamento do concentrado.

O produto final, *pellet feed*, será encaminhado para estações de bombeamento do mineroduto, o qual será operado pela empresa Lotus Brasil Comércio e Logística Ltda.

FIGURA 4.1.2-4 - Diagrama Esquemático da Rota de Processo

Fonte: SAM, 2018.

4.1.2.3 - Desaguamento do Rejeito

Para o estudo das técnicas de desaguamentos utilizadas nas obras recorrentes de mineração no Brasil, são descritas as técnicas de desaguamento dos rejeitos, considerando as técnicas de rejeitos espessados convencionalmente e com utilização de espessadores de alta densidade, utilização de rejeito em pasta e filtragem dos rejeitos.

Para a definição da melhor técnica aplicável ao projeto Bloco 8, foi realizado pela SAM estudo comparativo entre as mobilidades de desaguamento apresentado nos itens supracitados. Buscou-se comparar as alternativas em termos de dimensionamento dos dispositivos de desaguamento necessários para o atendimento dos volumes de rejeitos gerados nos 18 anos de produção; partindo das premissas de meio ambiente, segurança, áreas ocupadas, materiais de construção e custos, assim como informações sobre o bombeamento e transporte dos rejeitos, e estimativa dos consumos operacionais, considerando as melhores técnicas de engenharia.

4.1.2.3.1 - Rejeitos Espessados Convencionalmente e de Alta Densidade

Os rejeitos espessados, como o próprio nome sugere, envolvem o processo mecânico de desaguar a pequena fração de sólidos do rejeito concentrado (FOURIE, 2003). Isto é obtido utilizando-se espessadores. Uma das premissas de desenvolvimento do processo do Projeto Bloco 8 foi a eficiência no uso da água. As diversas operações de espessamento foram testadas por mais de um fornecedor, em escala de bancada e piloto, tendo em vista a máxima recuperação de água, desde que mantida tensão de escoamento da polpa de *underflow* suficientemente baixa para propiciar escoamento por gravidade ou bombeamento por bombas centrífugas.

A água liberada do rejeito será captada na lagoa no interior do reservatório das barragens de rejeito a serem construídas.

As inclinações típicas dos ângulos das praias de rejeitos espessados são de 1 a 3,5 graus (ICOLD e UNEP, 2001).

Os custos operacionais de espessamento são relevantes, porém são compensados pela maior recuperação de água na própria usina, reduzindo o bombeamento a partir dos reservatórios de rejeitos. De outra forma, grandes volumes de água poderiam ser perdidos por infiltração e evaporação nos reservatórios. A água recuperada pode ser utilizada na planta industrial da mina e se torna cada vez mais importante (WELCH, 2003). O potencial de se recuperar grandes volumes de água na planta elimina as perdas associadas com o transporte e armazenamento de água, tanto no reservatório ou nas lagoas (FOURIE, 2003). Problemas ambientais, tais como infiltração, derrame de água de processo e o potencial da água atuar como um transportador para os fluxos de rejeitos são significativamente reduzidos.

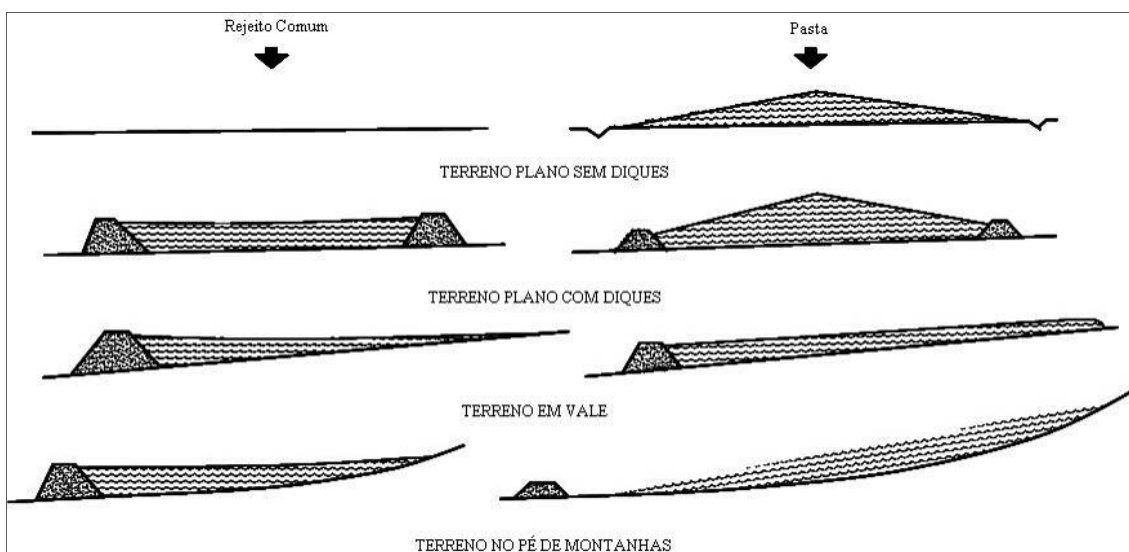
4.1.2.3.2 - Rejeitos em Pasta

Os rejeitos em pasta são geralmente depositados da mesma maneira que os espessados, formando uma pilha cônica, no qual se tomam ângulos, na maioria dos casos, de 2 a 10% e garantindo a estabilização do material depositado (THERIAULT, FROSTIAK et al., 2003). Ao longo da execução das camadas de pasta tem-se a ocorrência da drenagem, provocando ressecamento do material e o aparecimento de rachaduras. Entretanto, a camada seguinte preenche estas rachaduras, formando uma estrutura estável. Um ponto a se considerar é a elevada produção de material particulado em suspensão em função do ressecamento do solo e ação eólica.

Um dos pontos mais relevantes para a análise da disposição em pasta é que o rejeito precisa apresentar características adequadas para a formação da pasta (reologia), sendo fundamental que apresente, no mínimo, 15% de material com granulometria abaixo de 0,020 mm. O alto risco de não se atingir a condição de pasta dos espessadores requer altos níveis de gerenciamento diário para manter a consistência correta e, assim, garantir o teor de sólidos necessário. Caso o espessador não atinja a condição de projeto de concentração de sólidos, têm-se problemas na estocagem e a inclinação da praia pode não ser atingida. Além disto, o balanço de água da instalação industrial pode ser afetado. A operação de espessadores de pasta é bastante delicada e dependente de características especiais da alimentação, sendo utilizado em pequenas operações e em minas subterrâneas, em que a pasta associada à adição de cimento funciona como preenchimento de galerias subterrâneas.

A disposição do rejeito em pasta é uma tecnologia mais recente e pouco difundida no Brasil. Estudos internacionais sobre o assunto mostram que essa tecnologia possui algumas vantagens em relação a outros métodos de disposição do rejeito, especialmente quando localizada em regiões desérticas. Porém, por ser uma tecnologia nova, ainda não há nenhum exemplo de disposição de rejeito em pasta, em superfície, aqui no Brasil. O uso de pasta para disposição em minas subterrâneas, para incrementar a estabilidade das escavações, é a mais comum e há exemplo do seu uso no Brasil, como por exemplo na Mineração Caraíba - Jaguarari - BA.

A Figura 4.1.2-5 ilustra uma comparação de disposição entre rejeito comum e pasta. A disposição em pasta permite a formação de praias de rejeito mais íngremes resultando nas características listadas a seguir.

FIGURA 4.1.2-5 - Geometrias de Disposição de Rejeito

Fonte: WALM, 2018.

Conforme mencionado anteriormente, a disposição em pasta pode ser uma solução em locais e operações apropriadas, com grandes áreas em regiões desérticas ou em preenchimento de galerias de minas subterrâneas. Por outro lado, a implantação e operação de disposição de rejeitos em pasta são bastante complexas pelas seguintes razões:

- O rejeito precisa apresentar características adequadas para a formação da pasta (reologia), especialmente que tenha no mínimo 15% de material abaixo de 0,020 mm;
- É necessário implantar uma planta de pasta (usina) com espessadores capazes de produzir altas concentrações de sólidos, de alto custo, aumentando consideravelmente as áreas necessárias para a instalação do empreendimento;
- É necessária a adoção de bomba de deslocamento positivo para o bombeamento da pasta, cuja instalação e operação são bastante dispendiosas;
- O comportamento da pasta disposta em superfície em climas tropicais ainda não é bem conhecido e dominado. Não existem empreendimentos em operação no Brasil.

A Figura 4.1.2-6 apresenta um exemplo de deposição de rejeito em pasta (paste) na Tanzânia.

FIGURA 4.1.2-6 - Deposição de rejeito em pasta - PASTE, Bulyanhulu Gold Mine, Tanzânia



Fonte: WALM, 2018.

4.1.2.3.3 - Rejeitos Filtrados

Os rejeitos filtrados são transportados por caminhões e/ou correias transportadoras, depositados, espalhados e compactados para formar um depósito de rejeitos não saturados (DAVIES & RICE, 2001). Este tipo de disposição produz um depósito estável, que geralmente não requer contenção.

Os rejeitos, geralmente, são filtrados a partir de um sistema de pressão ou a vácuo, onde se deve analisar a sua granulometria e sua mineralogia. Em particular, altas porcentagens de partículas passantes pela peneira de #200 e minerais argilosos oleosos, como os betuminosos, criam dificuldades na filtragem.

A maior questão associada à disposição dos rejeitos filtrados está relacionada ao transporte e compactação. A filtragem produz um rejeito geralmente acima da umidade ótima para compactação. Isto significa que deve haver um cuidado para se não compactar rejeitos “borrachudos”, ou seja, deve haver um controle de campo de compactação. Caso a mina tenha problemas com abalos sísmicos, uso de explosivos, e detonações, deve-se utilizar um maior grau de compactação na pilha. Por se tratar de um material que não está saturado, o material apresenta menores chances de desenvolvimento de pressões neutras, consequentemente levando a menores possibilidade de susceptibilidade a Liquefação.

A necessidade de se controlar o índice de umidade do rejeito requer grandes áreas para espalhamento do rejeito em camadas que variam de 30 a 50 cm de espessura. É necessário ainda esperar seu desaguamento e, posteriormente, realizar sua compactação. Isso leva a necessidade de áreas enormes impactadas e em épocas de chuva a operação é extremamente prejudicada, uma vez que a umidade ótima não é atingida, sendo ultrapassada.

A necessidade de grandes áreas, as dificuldades operacionais de disposição do rejeito filtrado em grandes escalas de produção (como é o caso do Projeto Bloco 8), durante a época chuvosa, além dos altos custos operacionais associados às modernas tecnologias de filtração (energia e manutenção) são pontos desfavoráveis ao uso desta tecnologia.

4.1.2.3.4 - Alternativa Tecnológica para o Desaguamento do Rejeito

A SAM realizou um estudo comparativo para a disposição dos rejeitos do Projeto Bloco 8, considerando as técnicas empregadas em cada tipo de desaguamento e os resultados obtidos nos testes de concentração mineral realizados em diversas instituições, entre os anos de 2009 e 2014. A principal delas foi a Fundação GORCEIX, em Minas Gerais, onde foram realizados testes piloto no ano de 2013.

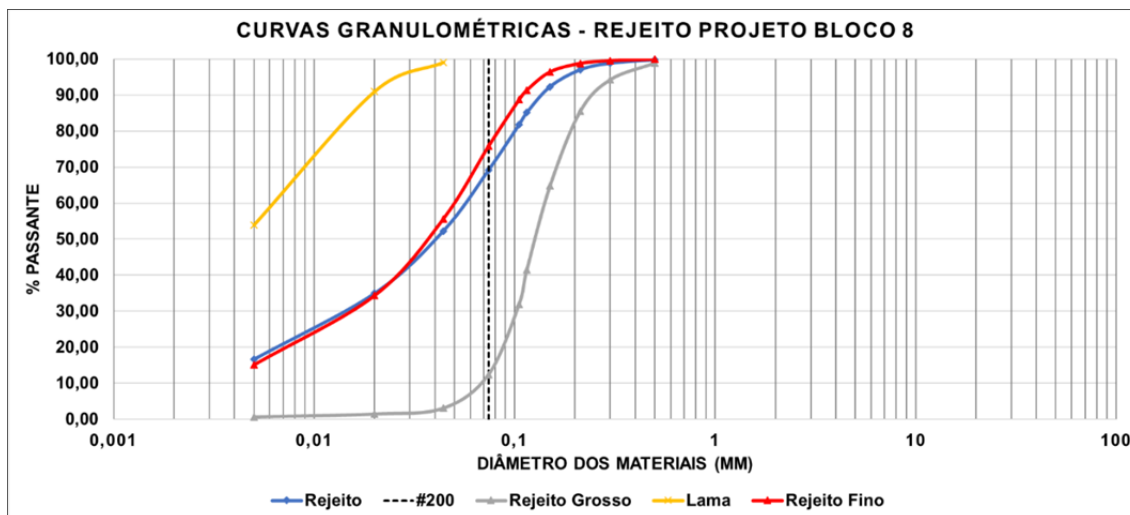
Ao longo de 18 anos de operação, serão alimentadas na usina 1,98 bilhão de toneladas de minério, com teor médio de cerca de 20% Fe. Durante o mesmo período, serão removidas 249 milhões de toneladas de estéril e estocadas 221 milhões de toneladas de minério de baixo teor. Serão produzidas 492,5 milhões de toneladas de produto (*pellet feed*), com teor médio estimado de 66,5% Fe.

Serão produzidos em 18 anos 1,51 bilhão de toneladas de rejeitos, ou seja, uma média anual de 83,90 milhões de toneladas. Pela natureza do processo da usina, os rejeitos estarão classificados em três tipos:

- Lamas: correspondendo a 9% do rejeito total, com granulometria muito fina, compostas principalmente de quartzo e mica, com pequena quantidade de hematita fina;
- Rejeito grosso: correspondente a 14% do rejeito total, material previsto para uso na construção de barragens, composto majoritariamente de quartzo, com cerca de 5% de muscovita, 5% de hematita e 0,5% de apatita; e
- Rejeito fino: correspondente a 77% do rejeito total, com cerca de 80% de quartzo, 10% de muscovita, 5% de hematita e 1,5% de apatita.

A granulometria dos rejeitos da produção do Projeto Bloco 8 são apresentadas na Figura 4.1.2-7.

FIGURA 4.1.2-7- Curva granulométrica dos rejeitos do Projeto Bloco 8



Fonte: WALM, 2018.

Para os estudos desenvolvidos a avaliação das técnicas de desaguamento dos rejeitos, foram consideradas as seguintes premissas:

- A capacidade de produção é de 27,5 Mtpa, com teor alvo de 66,5% Fe;
- O desaguamento da planta operará em regime de 8.059 h/ano, equivalente a uma eficiência de 92%, que resulta nas seguintes taxas horárias médias ao longo do período de cada tipo de rejeito conforme apresentado a seguir;

QUADRO 4.1.2-2 - Taxa de produção horárias médias

Tipo de Rejeito	Taxa de produção média (t/h)
Rejeito Grosso	1.410,90
Rejeito Fino	7.780,70
Lama	937,10

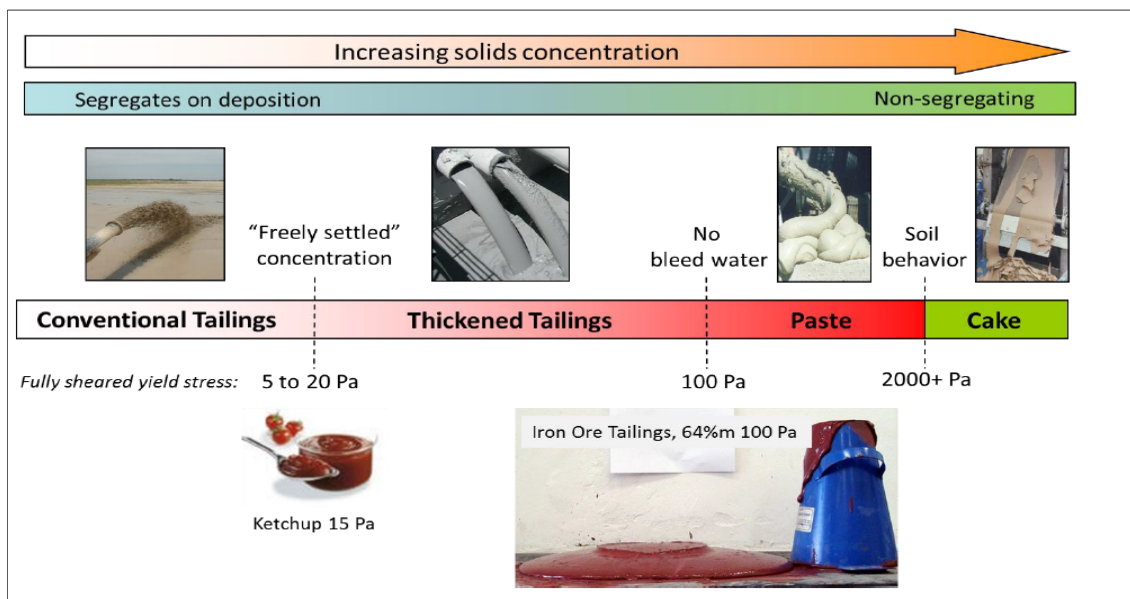
Fonte: WALM, 2018.

- O fator de projeto adotado para dimensionamento de equipamentos nesta seção da planta é 1,2;
- Taxa de espessamento para lamas: 0,08 t/h/m²;
- Taxa de espessamento para rejeito fino: 0,60 t/h/m²;
- O rejeito grosso é formado por *underflow* de ciclones;
- A percentagem de sólidos em peso do *underflow* dos espessadores convencionais de rejeitos foi adotada como $C_w = 50\%$ e dos espessadores convencionais de lamas como $C_x = 20\%$.

Baseados nas premissas apresentadas, dados de literatura e na experiência da SAM em engenharia industrial do processo de beneficiamento deste minério, foi elaborado o estudo comparativo entre as 4 alternativas supracitadas (rejeitos espessados convencionalmente e de alta densidade, rejeitos em pasta, rejeitos filtrados e empilhados).

Os métodos de disposição abrangidos neste tópico se diferenciam basicamente em relação ao teor de sólidos de cada metodologia. A Figura 4.1.2-8 ilustra a diferença de consistência, forma, tensão de escoamento ou bombeamento, comportamento e teor de sólidos para cada um destes materiais (rejeito em polpa, espessado, pasta e filtrado) (PATERSON, 2018).

FIGURA 4.1.2-8 - Diferença de textura, consistência, teor de sólidos e tensão de escoamento ou bombeamento entre rejeito em polpa, espessado, pasta e filtrado



Fonte: Paterson, 2018 / WALM, 2018.

Para a avaliação das tecnologias de desaguamento, os estudos basearam-se em questões ambientais (área ocupada para cada tecnologia, demanda por material de construção, emissão de particulados ou necessidade de controle de poeira), segurança e avaliações de custo, conforme apresentado no Quadro 4.1.2-3.

QUADRO 4.1.2-3 - Análise Comparativa entre as Modalidades de Desaguamento

Critérios	Alternativas Tecnológicas			
	Espessadores Convencionais	Espessadores de Alta Densidade	Espessadores de Pasta	Filtragem e Empilhamento de Rejeitos
Principais características	- Facilidade de manuseio dos rejeitos (viscosidade suficiente para escoamento por gravidade ou bombas centrífugas); - Elevada recuperação de água na usina; - Recuperação complementar de água, a partir da barragem de rejeito; - Disposição de grande parte do rejeito submerso e a fração emersa é formada por rejeito mais grosseiro, sendo menos susceptível ao arraste eólico.	- Facilidade de manuseio dos rejeitos (viscosidade ainda suficiente para escoamento por gravidade ou bombas centrífugas); - Otimiza a recuperação de água na usina; - Recuperação complementar de água, a partir da barragem de rejeito; - Disposição de grande parte do rejeito submerso e a fração emersa é formada por rejeito mais grosseiro, sendo menos susceptível ao arraste eólico.	- Pequeno aumento na recuperação de água, quando comparado com espessador de alta densidade; - O rejeito precisa apresentar características granulométricas e mineralógicas específicas para a aplicação deste tipo de espessador (<i>não se tem a certeza de que os rejeitos gerados alcançarão tais requisitos, principalmente considerando a variabilidade do minério a ser explorado</i>); - Uso obrigatório de bombas de deslocamento positivo para o sistema, devido à elevada viscosidade; - Menor recuperação de água, a partir da barragem. - Maior possibilidade de arraste eólico devido a maior superfície exposta e granulometria mais fina exposta.	- Considerou-se as lammas dispostas em pasta; - Máxima recuperação de água, a partir do rejeito filtrado; - Produção de rejeito filtrado com umidade abaixo de 20%; - Permite o empilhamento de rejeitos, desde que se aguarde tempo suficiente para atingimento da umidade ótima de compactação. O rejeito empilhado requer compactação para ter segurança; - Necessidade de grandes áreas para espalhamento e disposição dos rejeitos, em função da umidade ótima para compactação; - Presença de áreas com maior susceptibilidade ao arraste eólico.
Área total de intervenção / ocupação (ha)	- Barragem 1 (~ 2.250 ha); - Barragem 2 (~ 620 ha).	- Barragem 1 (~ 2.250 ha); - Barragem 2 (~ 620 ha).	- Área similar à utilizada para as Barragens 1 e 2 (2.870 ha).	- A área adicional para espalhamento e disposição do rejeito filtrado seria de, aproximadamente, 5.000 ha, somada aos 2.870 ha; - Pela necessidade de área adicional, aumento da possibilidade da necessidade de intervenção em área de preservação permanente (APP), cavidades e propriedade de terceiros.
Manuseio do rejeito	- Rejeito com menor densidade de sólidos; - Escoamento do rejeito por gravidade ou bombas centrífugas (facilidade de manuseio); - Desnecessária a utilização de veículos, equipamentos para transporte.	- Rejeito com maior densidade de sólidos em relação ao convencional; - Escoamento do rejeito ainda por gravidade ou bombas centrífugas (maior facilidade de manuseio); - Desnecessária a utilização de veículos, equipamentos para transporte.	- Rejeito com maior densidade de sólidos em relação ao de alta densidade, porém precisa ter características para a formação da pasta (reologia); - Necessidade de bombas de deslocamento positivo; - Aumento significativo do consumo de energia elétrica, se comparada com as outras alternativas.	- Rejeito com a máxima densidade de sólidos e umidade abaixo de 20%; - Necessidade de manuseio do rejeito por meio de atividades de carregamento, transporte e descarregamento; - Consumo de combustível por veículos, equipamentos e máquinas; - Necessidade de grandes áreas para espalhamento dos rejeitos até atingir umidade ótima para compactação.
Recuperação / Reuso de água (%)	- Boa recuperação de água (45-50%).	- Maior recuperação de água em relação ao convencional (60%).	- Maior recuperação de água em relação ao de alta densidade (65%), porém pouco significativa.	- Máxima recuperação de água (80%).
Área desnuda com potencial geração de emissões de material particulado pelo arraste eólico	- ~705 ha (18 anos).	- ~705 ha (18 anos).	- ~1.200 ha (18 anos)	- ~7.870 ha (18 anos).
Consumo de energia elétrica	- ~76.600 MWh/ano (9,5 MW x 8.059 h/ano); - 1.378.080 MWh/18 anos.	- ~60.450 MWh/ano (7,5 MW x 8.059 h/ano); - 1.087.965 MWh/18 anos.	- ~491.600 MWh/ano (61 MW x 8.059 h/ano); - 8.848.782 MWh/18 anos.	- ~88.650 MWh/ano (11 MW x 8.059 h/ano) - 1.595.682 MWh/18 anos
Consumo de combustíveis por veículos, máquinas e equipamentos	- Não se aplica.	- Não se aplica.	- Não se aplica.	- Aproximadamente 80.000.000 de litros de óleo diesel / ano.

Fonte: SAM, 2018.

Para a avaliação dos custos operacionais de cada uma das alternativas, o estudo elaborado pela SAM contemplou a avaliação dos consumos básicos para a operação, em função de cada tipo de tecnologia empregada. Desta forma, foram avaliados custos relativos a consumo de energia elétrica, reagentes, peças e partes, mão de obra, serviços e outros custos associados, compondo o OPEX Industrial. Além disso, para a composição dos custos a SAM realizou a estimativa dos custos referentes à disposição dos rejeitos, considerando o tipo de tecnologia a ser empregada em cada uma das alternativas estudadas, compondo o OPEX de Disposição.

Analisando os custos de implantação do empreendimento, verifica-se que os custos de implantação para as tecnologias de Espessadores de Alta Densidade (Alternativa A) e Convencionais (Alternativa B), considerando a implantação das estruturas de disposição dos rejeitos, apresentam custos de implantação similares. Para o Espessador em Pasta, o custo do desaguamento e disposição é da ordem de 13 vezes superiores aos custos relativos à implantação das alternativas A e B. Já o custo de implantação do processo de filtragem, transporte e disposição dos rejeitos supera em aproximadamente 7,5 vezes os custos das Alternativas A e B.

Em termos de custos operacionais, verifica-se que a Alternativa A é a que apresenta os menores custos em termos dos valores de disposição dos rejeitos. Em função do custo para os Espessadores de Alta Densidade o custo operacional da utilização da técnica dos Espessadores Convencionais é da ordem de 8% superior. Já em termos do desaguamento e disposição dos rejeitos pelas técnicas de Espessamento em Pasta e por Filtragem os custos superam a alternativa A em, aproximadamente, 5 e 11 vezes.

Cabe ressaltar que os custos adotados para a Alternativa D para a condição operacional são extremamente otimistas em relação às etapas de projeto, podendo ser superiores aos adotados no estudo realizado pela SAM, mostrando que esta alternativa, mesmo em um cenário otimista de custos, é a que apresenta os maiores custos operacionais.

Para uma avaliação completa em termos de custos, foi realizado o estudo de VPL (Valor Presente Líquido) para os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, considerando uma taxa de desconto de 15%.

QUADRO 4.1.2-4 - Tabela de CAPEX Simplificado para as Alternativas de Desaguamento dos Rejeitos

Capex Simplificado US\$				
Alternativas	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
Obras civis	194.600.234,06	194.600.234,06	2.566.578.820,88	433.377.529,02
Equipamentos mecânicos	45.414.290,33	45.414.290,33	598.968.219,58	619.110.755,74
Materiais	31.790.003,23	31.790.003,23	419.277.753,70	433.377.529,02
Montagem	26.794.431,29	26.794.431,29	353.391.249,55	365.275.345,89
Outros	2.270.714,52	2.270.714,52	29.948.410,98	30.955.537,79
Custos Indiretos	3.451.486,06	3.451.486,06	45.521.584,69	47.052.417,44
Custos Gerais	46.640.476,17	46.640.476,17	615.140.361,50	635.826.746,15

Capex Simplificado US\$				
Alternativas	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
CAPEX INDUSTRIAL	350.961.635,66	350.961.635,66	4.628.826.400,88	2.564.975.861,03
Equipamentos móveis espalhamento & compactação	2.800.000,00	2.800.000,00	2.800.000,00	80.920.000,00
Estruturas iniciais	3.550.404,00	3.550.404,00	3.550.404,00	3.550.404,00
CAPEX DISPOSIÇÃO	6.350.404,00	6.350.404,00	6.350.404,00	84.470.404,00
CAPEX REJEITOS	357.312.039,66	357.312.039,66	4.635.176.804,88	2.649.446.265,03

Fonte: SAM / WALM, 2018.

QUADRO 4.1.2-5 - Tabela de OPEX Simplificado para as Alternativas de Desaguamento

OPEX Simplificado - US\$/t				
Dados	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
Energia elétrica	0,09	0,13	1,07	0,27
Reagentes	0,23	0,23	0,45	0,02
Peças & partes	0,04	0,04	0,27	0,69
Mão de obra	0,00	0,01	0,05	0,01
Serviços	0,00	0,00	0,01	0,00
Outros	0,04	0,04	0,19	0,10
OPEX INDUSTRIAL	0,40	0,44	2,04	1,09
Carregamento				1,03
Transporte				1,24
Espalhamento	0,06	0,06	0,06	1,28
Compactação	0,04	0,04	0,04	0,79
Manutenção e operação das barragens	0,00	0,00	0,00	0,00
OPEX DISPOSIÇÃO	0,11	0,11	0,11	4,34
OPEX REJEITOS	0,50	0,54	2,15	5,43

Fonte: SAM / WALM, 2018.

QUADRO 4.1.2-6 - Cálculo do VPL para o estudo de Alternativas de Desaguamento

Dados	A - Espessadores de Alta Densidade	B - Espessadores Convencionais	C - Espessadores de Pasta	D - Filtragem de Rejeitos
VPL 18 ano @ 15% a.a. - MUS\$	571,96	589,52	5.554,90	4.972,90

Fonte: SAM / WALM, 2018.

4.1.2.3.5 - Seleção da Alternativa Tecnológica

Analizando criticamente as alternativas tecnológicas de desaguamento e disposição dos rejeitos avaliadas no Projeto Bloco 8, verifica-se que a técnica mais atrativa corresponde à utilização do desaguamento a partir de Espessadores de Alta Densidade. Estes espessadores apresentam melhores condições ambientais, em função da otimização de recuperação e reuso de água e disposição do rejeito majoritariamente submerso, reduzindo a área potencial para a emissão de material particulado em suspensão, em função do arraste eólico, e minimização do consumo de energia. Também apresenta vantagens em termos de segurança operacional, em função da geotecnia dos rejeitos do Projeto Bloco 8.

Para as outras alternativas avaliadas, e devido à menor aplicação no Brasil, ainda não existem normas bem estabelecidas e os custos, neste momento, são maiores, devido à necessidade de mais bombeamento para disposição e de estruturas mais sofisticadas, além do mapeamento insuficiente dos imprevistos que podem ocorrer.

A utilização dos Espessadores de Alta Densidade é justificada em relação ao Convencional, que apresenta custos próximos, por apresentar maior recuperação de água na planta.

Além disso, pode-se elencar outras vantagens adicionais:

- menor área ocupada. Cabe ressaltar que, para o uso de rejeito filtrado, estima-se uma área adicional de cerca de 5.000 ha, ou seja, aumento de cerca de 144% na área final ocupada por rejeitos;
- maior facilidade no manuseio dos rejeitos;
- alta recuperação de água;
- menor geração de material particulado:
 - o mantém o rejeito submerso durante a maior parte da vida do empreendimento;
 - o o rejeito exposto ao vento terá granulometria mais grosseira;
 - o o rejeito exposto ao vento será compactado e poderá ser revegetado.
- maior disciplina e capacidade de trânsito das superfícies geradas, aumentando a flexibilidade de possíveis usos futuros;
- maior segurança, ao envolver tecnologia amplamente comprovada na prática e com longo histórico de aplicação;
- integra-se a possibilidades de reuso do rejeito;
- viabiliza o projeto.

Vale ressaltar que a recuperação de água na planta do Projeto Bloco 8 é de 94%, reduzindo a demanda de água nova para o empreendimento. Estará dentre as operações de mais alta recuperação de água na indústria de minério de ferro brasileira.

Com intuito de garantir e certificar o respaldo técnico dos trabalhos realizados pela WALM, a SAM contratou o consultor independente Sr. Luiz Guilherme de Mello, Engenheiro Geotécnico Master, para realizar o *cross-check* dos trabalhos, consolidando técnica, econômica e ambientalmente as alternativas selecionadas para a disposição dos rejeitos. No Anexo 21 é apresentado o respaldo técnico do consultor supracitado.

4.1.2.4 - Manuseio e Disposição de Estéril e Rejeito

Conforme o Plano de Produção estudado, será necessária a disposição de estéréis gerados nas operações de lavra, bem como a disposição dos rejeitos gerados no processo de beneficiamento do minério.

Foram desenvolvidos estudos das alternativas tecnológicas para disposição dos estéréis e rejeitos, considerando as normas e tecnologias existentes e aplicáveis ao empreendimento. A partir da definição das tecnologias, foram desenvolvidos os estudos das alternativas locais das estruturas de disposição, considerando-se as características físicas da região, bem como as áreas disponíveis do empreendimento, levando-se em conta, tanto a posição da cava, quanto a localização da usina de tratamento de minério.

Foram desenvolvidos estudos geotécnicos, hidrológicos, hidrogeológicos e sísmológicos, os quais fundamentaram o desenvolvimento do projeto conceitual das estruturas definidas para o Plano Diretor de disposição de estéréis e rejeitos, bem como para armazenamento de água do Projeto Bloco 8. Estes estudos são resumidos nesse tópico.

4.1.2.4.1 - Empilhamento a Seco

Os rejeitos empilhados à seco são aqueles que foram desaguados a ponto de não serem considerados mais saturados. Dessa maneira a técnica envolve outros métodos de análise, pois se trata de um material que pode desenvolver pressões negativas (sucção) e comportamentos geotécnicos diferentes do que os rejeitos saturados. Além disso, os métodos de transporte são alternativos (correia ou caminhão) e é necessário um sistema de filtragem.

O empilhamento seco também é mais fácil de fechar e reabilitar, requerendo um esforço menor em comparação com outras opções de armazenamento de rejeitos, podendo ser utilizado em ambientes agressivos (por exemplo, terreno ondulado e íngreme) e gerar melhor imagem ambiental (DAVIES & RICE, 2001). Taxas mais elevadas de alçamento podem ser alcançadas devido ao alto estado de adensamento dos rejeitos dispostos quando comparado com disposição convencional.

O empilhamento a seco pode ser usado em áreas onde a reservação da água é crítica e toda a água não reaproveitada pode comprometer o desempenho da planta. É adequado para áreas de alta atividade sísmica e a reabilitação progressiva da área é possível, diluindo o custo do descomissionamento ao longo de um período maior quando comparado com instalações de armazenamento convencionais.

O empilhamento a seco só é realmente indicado para as operações de baixa frequência (atualmente em torno de 20.000 TPD - toneladas por dia), devido aos custos de equipamentos e gestão operacional de uma grande planta de filtração. Também são necessários sistemas de desvio a montante para evitar a inundação da instalação do empilhamento e o gerenciamento da superfície de drenagem para evitar acumulação de água e facilitar sua remoção (precipitação de chuva), evitando a formação de lagos e erosão da pilha através de canais de escoamento superficial. Nesta tecnologia, não há nenhuma opção para armazenar a água dentro de uma instalação do empilhamento.

Entretanto, esse tipo de disposição de rejeitos é facilmente recomendado para regiões áridas, em que a precipitação anual é baixa e a disponibilidade de água para processo é baixa, necessitando assim de maior reaproveitamento e recuperação da água utilizada no processo de beneficiamento. Em regiões que não sejam áridas, mesmo com estação chuvosa reduzida, mas com possibilidade de chuvas significativas neste período, a operação de espalhamento e compactação do material filtrado pode se tornar construtivamente inviável.

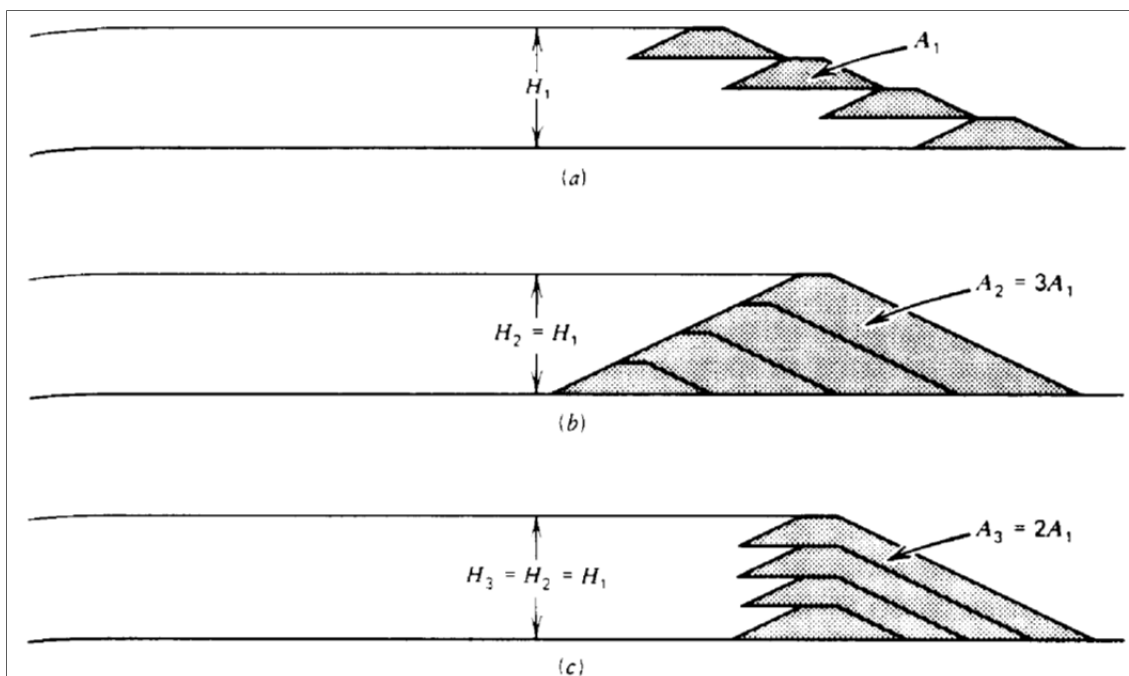
Não é aplicável ao rejeito do Projeto Bloco 8, devido à escala de produção, maior área requerida e grandes dificuldades operacionais e de viabilidade técnica. Essa prática não encontra aplicações em operações semelhantes ao Projeto Bloco 8 (grande escala e muito baixo teor), seja no Brasil ou no exterior.

4.1.2.4.2 - Disposição de Rejeitos em Barragens

As barragens convencionais, construídas com aterro compactado podem ser alteadas com material proveniente de jazida de empréstimo e o método de alteamento poderiam ser de três tipos: por montante, por linha de centro e por jusante.

A seguir são apresentadas seções típicas desses três tipos de alteamento e uma comparação desses tipos de barragem em relação à barragem feita em etapa única.

FIGURA 4.1.2-9 - Formas de alteamento de barragem: (a) alteamento por montante, (b) alteamento por jusante ou barragem única, e (c) alteamento por linha de centro



Fonte: WALM, 2018.

QUADRO 4.1.2.7 - Aspectos técnicos referentes à barragem construída em etapa única e referentes às barragens construídas em etapas, segundo o método de alteamento

Características	Barragem única (retenção de água)	Barragem construída em etapas		
		Alteamento por montante	Alteamento por linha de centro	Alteamento por jusante
Propriedades do rejeito lançado	Adequado para qualquer tipo de rejeito	O rejeito total deve apresentar no mínimo 60% de areia. Baixo teor de sólidos para a segregação granulométrica	Areias ou lamas com baixa plasticidade	Adequado para qualquer tipo de rejeito
Disposição requerida	Adequado para qualquer procedimento de disposição	Disposição periférica, com necessidade de controlar a formação da praia	Disposição periférica a partir do comprimento mínimo de praia requerido	Varia conforme o projeto
Retenção e acúmulo de água	Adequado	Não adequado para estocar volumes significativos de água	Não recomendada para estocagem permanente, mas pode ser projetada para estocagem e inundação temporária	Adequado
Resistência a sismos	Adequada	Baixa em áreas de alta sismicidade	Aceitável	Adequado
Restrições quanto à taxa de alteamento	Não aplicável	Desejável que seja de 4,5 a 9,0 m por ano. Acima de 15 m por ano pode ser perigoso	Restrições de altura podem ser aplicáveis para alteamentos individuais	Não há
Requisitos para preenchimento do maciço	Solo natural de jazida de empréstimo	Solo natural, rejeito arenoso e estéril rochoso	Solo natural, rejeito arenoso e estéril rochoso	Solo natural, rejeito arenoso e estéril rochoso
Custo relativo do maciço	Alto	Baixo	Alto	Moderado
Uso de núcleo argiloso de baixa permeabilidade	Possível	Não é possível	Possível (central)	Possível (inclinado)
Segurança	Mais favorável	Menos favorável	Intermediário	Intermediário
Impacto ambiental	Máximo	Intermediário	Intermediário	Intermediário

Fonte: WALM, 2018.

A seguir são apresentadas as vantagens e desvantagens dos três tipos de barragens de rejeitos segundo o método de alteamento.

QUADRO 4.1.2-8 - Vantagens e desvantagens dos três tipos de barragens de rejeitos

Método	Método por montante	Método por jusante	Método por linha de centro
Método construtivo	- Método mais antigo e o mais empregado. - Construção de dique inicial e os diques do alteamento periféricos com material de empréstimo, estéreis da lavra ou com “<i>underflow</i>” de ciclonagem. - Lançamento a partir da crista por ciclonagem ou “<i>spigots</i>”.	- Construção de dique inicial impermeável e barragem de pé. - Separação dos rejeitos na crista do dique por meio de hidrociclones. - Dreno interno e impermeabilização a montante.	- Variação do método de jusante.
Vantagens	- Menor custo. - Maior velocidade de alteamento. - Utilizado em lugares onde há limitantes de área.	- Maior segurança. - Compactação de todo o corpo da barragem. - Pode-se misturar os estéreis da lavra.	- Variação do volume de “<i>underflow</i>” necessário com relação ao método de jusante.
Desvantagens	- Baixa segurança devido à linha freática próxima ao talude de jusante, susceptibilidade de liquefação, possibilidade de “<i>piping</i>”. - Método de licenciamento ambiental inviável atualmente.	- Necessidade de grandes quantidades de “<i>underflow</i>” (problemas nas primeiras etapas). - Deslocamento do talude de jusante (proteção superficial só no final da construção).	- Em relação ao Projeto Bloco 8 não foram identificadas desvantagens.

Fonte: WALM, 2018.

Uma barragem convencional construída em única etapa apresenta a mesma geometria daquela que é feita em etapas, com um dique de partida e alteamentos sucessivos por jusante. Logo, esse tipo de alteamento é o mais utilizado para o caso de barragens convencionais em aterro compactado, as quais serão posteriormente alteadas.

Quando rejeito é utilizado como material de construção, este deve ter restrição granulométrica quanto à quantidade de finos, que afetam a permeabilidade e a resistência. Uma maneira comum de se atingir esta classificação granulométrica é por ciclonagem. As barragens alteadas com rejeitos ciclados são estruturas semipermeáveis construídas em parte com o próprio material a ser armazenado (rejeito). Essas barragens são utilizadas para a contenção de efluentes sólidos, de forma permanente e de efluentes líquidos por tempo determinado. Nesta alternativa de disposição se executa um dique inicial em solo compactado (dique de partida), sobre o qual se deposita a parcela mais grossa (*underflow*) dos rejeitos ciclados. Em suma, é uma forma de alteamento de barragem de rejeitos, em que o material que irá compor o maciço é o próprio rejeito, esse é o tipo a ser utilizado no Projeto Bloco 8.

As barragens com alteamentos de rejeitos ciclados são construídas da seguinte forma:

- A polpa de rejeito (sólidos + água) é processada em ciclones e o *underflow* (rejeito mais grosso) é transportado até a crista do barramento. Em operações de grande volume, como em minério de ferro, ou nas operações de cobre no Chile, por razões de custo, pode haver preferência por ciclagem na própria usina e transporte do rejeito já ciclado. Em operações de menor porte pode ser adequada a locação dos ciclones na crista da barragem;
- Os ciclones, por centrifugação, separam a parcela grossa (*underflow*) da parcela fina (*overflow*), da polpa;
- O *underflow* é utilizado no alteamento do maciço da barragem, enquanto o *overflow* é direcionado ao reservatório;
- Após ser descarregado no talude da barragem o rejeito é espalhado em camadas sucessivas e paralelas com o auxílio de tratores e compactado com o auxílio de rolo compactador liso vibratório, ao longo do comprimento do talude promovendo o alteamento da crista da barragem, como pode ser observado na Figura 4.1.2-10;
- O talude de jusante é responsável pela estabilidade da barragem e o talude de montante pela estanqueidade. O talude de montante confunde-se com o rejeito armazenado no reservatório, formando a “praia”.

FIGURA 4.1.2-10 - Compactação do rejeito grosso para alteamento do talude de jusante



Fonte: WALM, 2018.

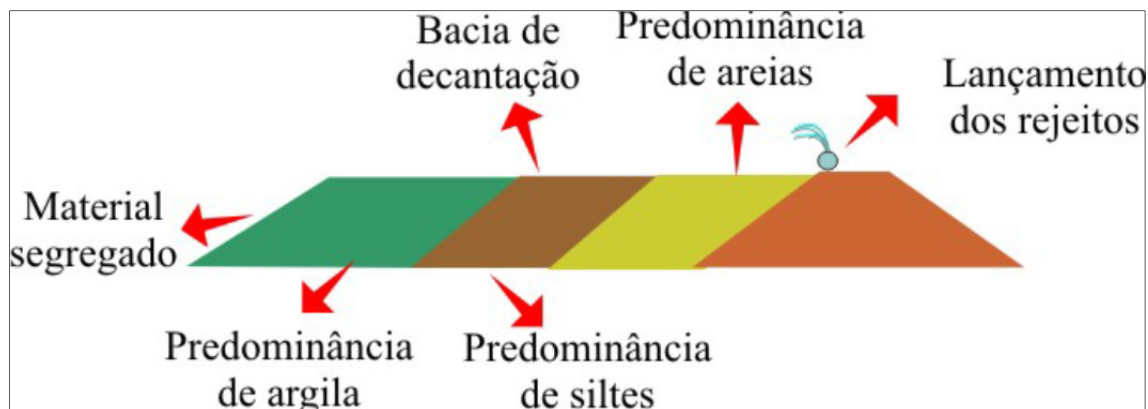
Esse tipo de disposição deve obedecer a alguns requisitos que podem se constituir em desvantagens, tais como:

- (i) Não é aplicável para o armazenamento e acúmulo de água;
- (ii) A operação e a gestão deste tipo de barragem são mais especializadas, demandando assim maior custo operacional de supervisão e controle;
- (iii) Apresenta baixa resistência a eventos sísmicos, uma vez que o rejeito é um material lançado e no estado fofo;
- (iv) Maior controle ambiental quanto a geração de poeira;
- (v) O rejeito deve apresentar textura mais grosseira, ou seja, a granulometria do rejeito deve ser predominantemente arenosa, de forma que permita separar o material fino do grosso.

Trata-se de solução particularmente adequada a barramentos em reservatórios cuja geometria exija grandes barragens. Desta forma, utiliza-se grande volume de rejeitos como material de construção.

Para a disposição de rejeitos em polpa no reservatório de uma barragem, o rejeito apresenta, geralmente, teor de sólidos entre 35 e 40 %, para garantir fluidez ao material, e a inclinação da tubulação para a disposição é da ordem de 1 %. Quando o rejeito atinge o nível d'água presente no reservatório, o rejeito começa a segregar de forma diferente, com inclinação que pode variar de 3 a 7%, conforme o peso específico dos sólidos, sua composição granulométrica e mineralogia, entre outros aspectos físico-químicos. Assim, o rejeito vai formando uma praia, com acúmulo de rejeito grosso próximo ao ponto de lançamento, o rejeito mais fino e a água migram para as partes mais distantes deste ponto.

FIGURA 4.1.2-11 - Modelo de disposição de rejeitos no reservatório de barragens e formação de praia



Fonte: WALM, 2018.

A escolha do ponto de disposição de rejeitos em uma barragem é função de

- (i) Posição da planta de beneficiamento;
- (ii) Quantidade de água que se deseja recuperar dos rejeitos;
- (iii) Tipo de alteamento a ser adotado.

Para as três formas de alteamento de uma barragem é possível acumular água para recirculação da planta de beneficiamento (fator ii acima). Então, os outros dois fatores serão mais determinantes para a escolha da alternativa (fatores i e iii).

Se o barramento é próximo da planta de beneficiamento e o volume requerido para a construção do maciço é muito alto, as opções de alteamento da barragem por montante ou por linha de centro podem ser mais atrativas, pois o rejeito pode ser bombeado para o local e assim, formar a barragem.

Por outro lado, se o barramento está mais distante da planta de beneficiamento, pode-se dispor o rejeito na porção do reservatório mais distante do barramento, podendo a disposição, em função da topografia, ser feita por bombeamento ou por gravidade. Com isso, a água vai sendo acumulada próxima ao maciço (barramento), onde deverá ser instalada a bomba para captação de água para a planta. Nesse cenário, o alteamento de jusante mostra-se mais adequado.

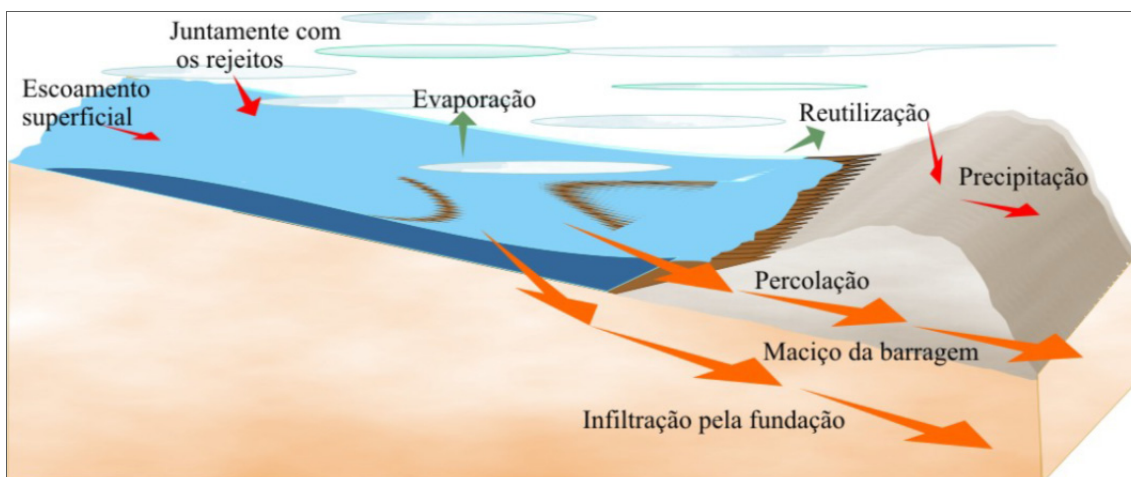
As Figuras 4.1.2-12 e 4.1.2-13 apresentam o modelo de uma barragem alteada por jusante e com lançamento do rejeito no fundo do reservatório.

FIGURA 4.1.2-12 - Barragem de rejeitos alteada por jusante e com lançamento dos rejeitos no fundo do reservatório



Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.2-13 - Balanço hídrico de uma barragem com lançamento de rejeitos no fundo do reservatório



Fonte: WALM, 2018.

A disposição de rejeito em um ponto extremo do reservatório da barragem e a captação de água em outro ponto extremo, ou seja, no local em que há segregação de rejeito mais fino e água, é a melhor forma de otimizar a recuperação de água em uma barragem de rejeitos. Portanto, se o lançamento do rejeito é feito no fundo do reservatório, o melhor ponto de captação é próximo a barragem. Já para o caso de o rejeito ser lançado na crista da barragem, recomenda-se que a captação seja feita no fundo do reservatório.

4.1.2.4.3 - Tecnologia Construtiva Selecionada

Analizando criticamente as alternativas construtivas apresentadas, direcionadas para as necessidades do Projeto Bloco 8, verifica-se que as técnicas mais atrativas correspondem às barragens de rejeito construídas pela metodologia de alteamento por linha de centro. Considera-se assim a construção de maciços com o próprio rejeito - no caso o rejeito grosso que no Projeto Bloco 8 será produzido na própria unidade de tratamento de minério através de estações de ciclones - e a utilização da disposição hidráulica convencional.

A opção pela construção de barragens construídas em etapas, considerando a metodologia de linha de centro, visa atender aos grandes volumes de materiais a serem gerados nos 18 anos de produção do Projeto Bloco 8. Tal opção reduz os volumes totais das barragens de rejeito, com consequente redução das áreas de ocupação pelas mesmas, e evita grandes avanços em relação as áreas disponíveis para a construção das estruturas no córrego Lamarão e Mundo Novo. No Projeto Bloco 8 está prevista a construção de duas barragens de rejeitos (barragem de rejeitos 1 e barragem de rejeitos 2).

Como o empreendimento apresenta grandes volumes de rejeitos previstos para serem separados na unidade de tratamento de minério, visando a recuperação de água, tais rejeitos gerados poderiam ser utilizados como material de construção. O rejeito a ser utilizado como material de construção. Para isso, deverá apresentar percentagem de finos (material de fração *silte* e argila) inferior a 20% e permeabilidade compatível para que tenha drenabilidade adequada.

A partir das informações disponibilizadas pela SAM para os rejeitos grossos, finos e lama gerados no processo, verificou-se que o rejeito grosso apresenta propriedades adequadas, sendo correspondente a 14% do volume total a ser gerado nos 18 anos de operação.

Deste modo, a utilização do rejeito grosso oriundo do processo industrial nas condições apresentadas, apresenta grande vantagem para o estudo. Isto porque parte do volume que seria direcionado ao reservatório da barragem (acumulação) será direcionado para a construção do maciço da estrutura, implicando na redução direta desse volume de acumulação. Esta metodologia é a mais adequada para a barragem 1, uma vez que a mesma será responsável por acumulação de 75% do total dos rejeitos produzidos nos 18 anos de operação.

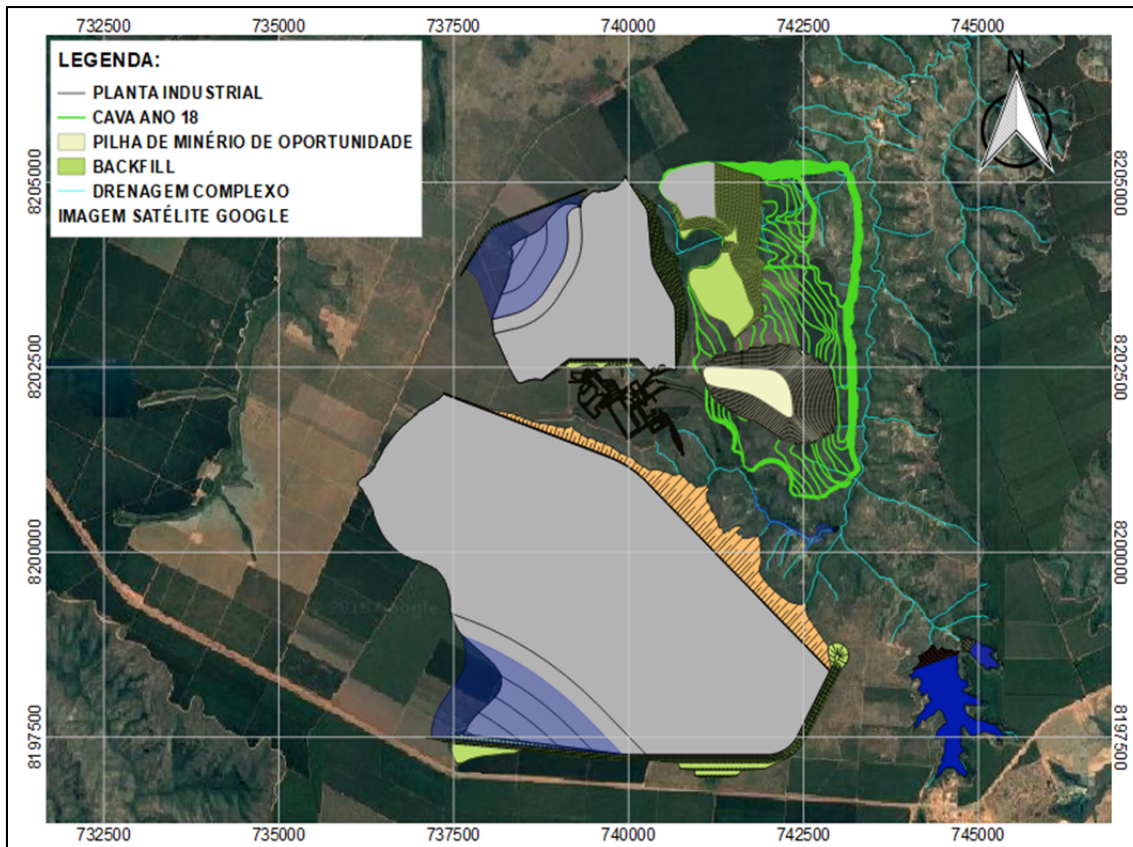
4.1.2.5 - Estruturas de Disposição de Estéril e Rejeitos - Alternativas Locacionais

Os estudos que definiram as estruturas para o Plano Diretor do Projeto Bloco 8 foram realizados inicialmente a partir do estudo de viabilidade locacional.

Para tais definições, foi realizada a revisão dos estudos de viabilidade locacional existentes, de modo a validar áreas e/ou identificar novos alvos passíveis de serem utilizados para a disposição do estéril e do rejeito.

Realizados em 2012, os estudos levaram em consideração o limite previsto para o complexo minerário do Projeto Bloco 8, considerando a ocupação da drenagem do córrego Mundo Novo, cabeceira de drenagem do córrego Lamarão e área das atividades de exploração (cava), conforme apresentado na Figura 4.1.2-14.

FIGURA 4.1.2-14 - Regiões inseridas na área limite do empreendimento



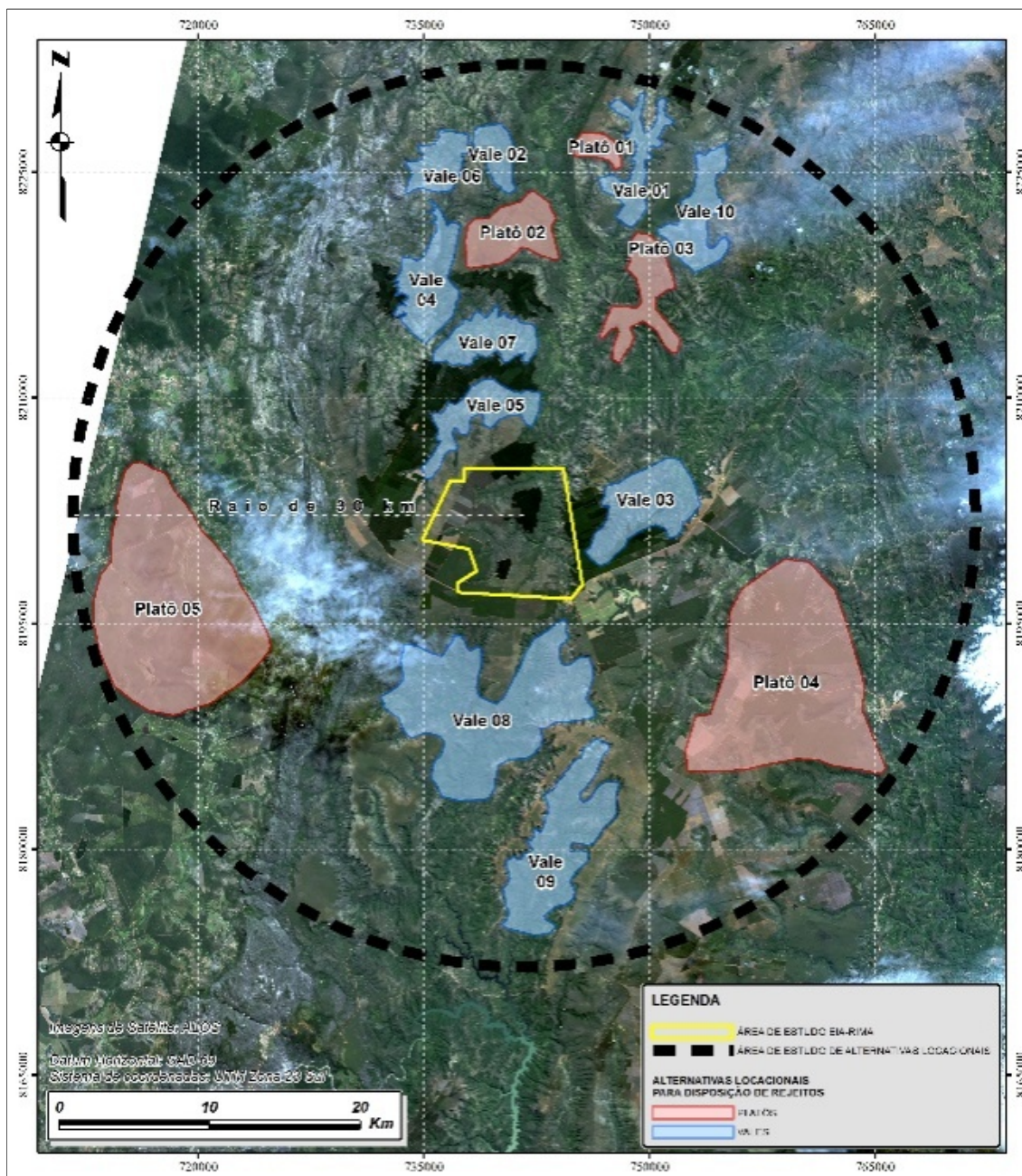
Fonte: WALM, 2018.

Com vistas a dar robustez ao estudo de alternativas locacionais, em 2013, a SAM considerou os estudos de vales e platôs existentes em um raio de 30 km em relação à cava do empreendimento. Dessa forma, buscou-se reavaliar as áreas estudadas no projeto conceitual elaborado pela SAM nesse ano.

De acordo com o estudo realizado, foram identificadas 15 alternativas para a ocupação, sendo 10 vales para implantação de barragens de rejeitos e 5 (cinco) platôs para a disposição de estéril e rejeitos em forma de aterro (pilha de estéril e/ou rejeitos).

A Figura 4.12-15 apresenta as áreas identificadas no limite de 30 km em relação à cava do projeto.

FIGURA 4.1.2-15 - Vale e platôs identificados no raio de 30 km em relação ao empreendimento para os estudos de viabilidade locacional.



Fonte: WALM, 2018.

Para os estudos realizados em 2013, as áreas apresentadas na Figura 4.1.2-15 foram inspecionadas a partir de visita de campo, sendo, na oportunidade, avaliadas as suas condições topográficas e características locais de modo a verificar a potencialidade de utilização destas 15 áreas.

Complementarmente, foram realizadas coletas de dados a partir de estudos preliminares, baseados em imagens de satélite, utilizando o *software* Google Earth e bases topográficas disponíveis para a região. Com base nestas informações, foram realizados os estudos preliminares para a estimativa da capacidade de acumulação de cada uma destas áreas em função das características dos vales e dos platôs da região.

A seguir são apresentadas as áreas e os volumes disponíveis para os platôs e vales, obtidos através de topografias utilizadas para a caracterização destas regiões.

QUADRO 4.1.2-9 - Área aproximada dos platôs mapeados

Platôs	Área Aproximada (km ²)
Platô 01	7.480,00
Platô 02	24.440,00
Platô 03	28.900,00
Platô 04	147.240,00
Platô 05	150.310,00

Fonte: WALM, 2018.

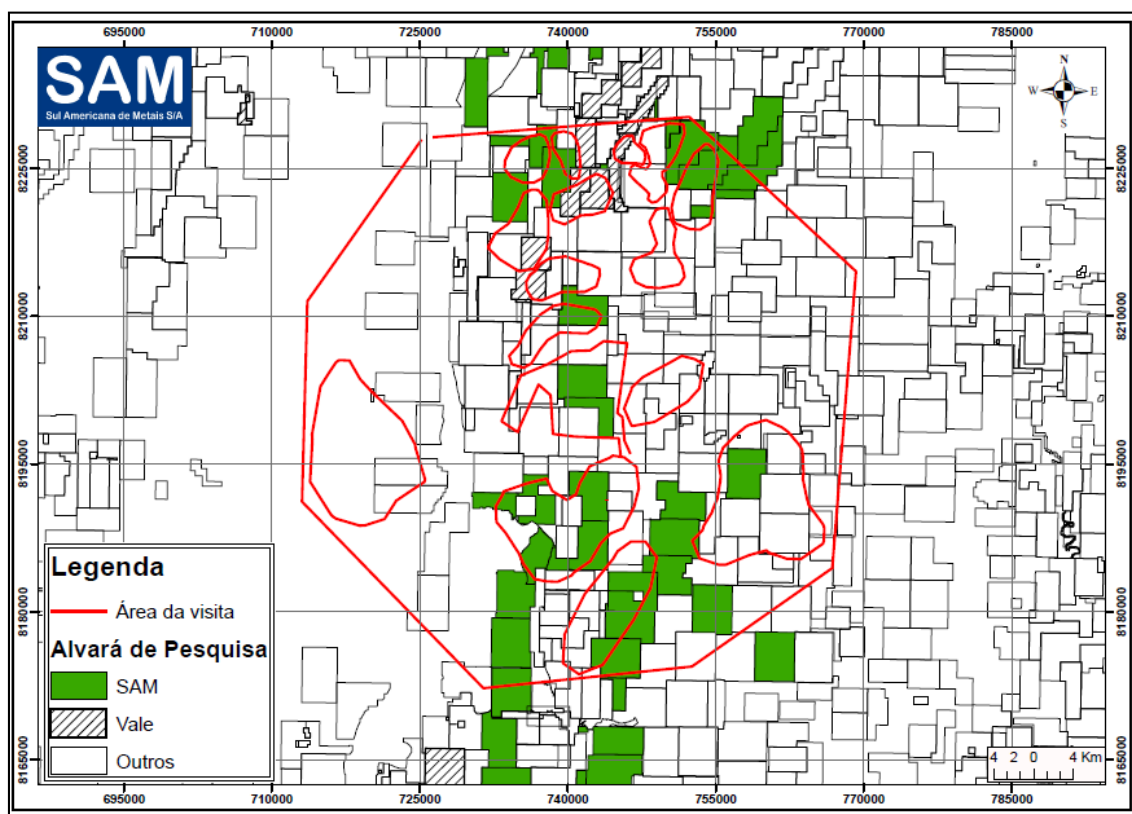
QUADRO 4.1.2-10 - Áreas e Volumes dos vales mapeados

Vales	Área Aproximada (km ²)	Altura média (km)	Volume Potencial Aprox. (Mm ³)
VALE 01	28,21	0,061	1.720,81
VALE 02	11,07	0,102	1.129,14
VALE 03	40,19	0,080	3.215,20
VALE 04	37,31	0,143	5.335,33
VALE 05	29,74	0,100	2.974,00
VALE 06	20,04	0,115	2.304,60
VALE 07	26,75	0,170	4.547,50
VALE 08	128,63	0,10	12.863,00
VALE 09	79,70	0,185	14.744,50
VALE 10	32,78	0,110	3.605,80

Fonte: WALM, 2018.

Para atendimento ao plano de produção foram validadas as capacidades de armazenamento pleno dos platôs e dos talwegues dos alvos, com o objetivo de atender as premissas de projeto.

Ainda como critério de avaliação das áreas, foram verificados os direitos de pesquisa mineral existentes dentro dos limites do raio de 30 km em relação ao empreendimento, incluindo os direitos de pesquisa da própria SAM. Para tal, foi realizada a consulta das áreas de direito mineral junto ao cadastro do DNPM (consulta via SIGMINE - <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>), conforme apresentado na Figura 4.1.2-16.

FIGURA 4.1.2-16 - Regiões de direito minerários requeridos na área estudada

Fonte: WALM, 2018.

Avaliando a verifica-se que a maioria dos vales e platôs mapeados se encontram em áreas com licença de pesquisa. Além disto, salienta-se que grande parte destas áreas também se encontra sob plantações de pinus e eucaliptos com organizações já bem estruturadas e instaladas. A avaliação de tais critérios levou à identificação de três áreas possíveis de ocupação. Dessas, uma área referia-se à área interna ao limite do complexo minerário (composta pelas Opções 1, 2 e 3) e duas localizavam-se fora desse limite previsto. Das áreas externas definidas para o estudo de viabilidade locacional, foram consideradas o Platô 5 e o Vale 3.

A seguir são apresentadas as áreas foco do estudo de viabilidade locacional para o Projeto Bloco 8.

QUADRO 4.1.2-11 - Áreas Foco dos Estudos de Viabilidade Locacional

Origem	Áreas	Localização em relação ao limite do empreendimento (complexo minerário)
Estudo 2012	Cava (Opção 1)	Interna
	Área a oeste da Cava (Mundo Novo) (Opção 2)	Interna
	Área a sudoeste da Cava (Lamarão) (Opção 3)	Interna
Estudos 2013	Vale 3 (Opção 4)	Externa
	Platô 5 (Opção 5)	Externa

Fonte: WALM, 2018.

Para subsidiar a decisão na escolha das áreas a serem estudadas para o Projeto Bloco 8, foi realizado o estudo comparativo de ocupação das 5 áreas listadas acima, considerando os estudos conceituais realizados pela SAM, em 2013.

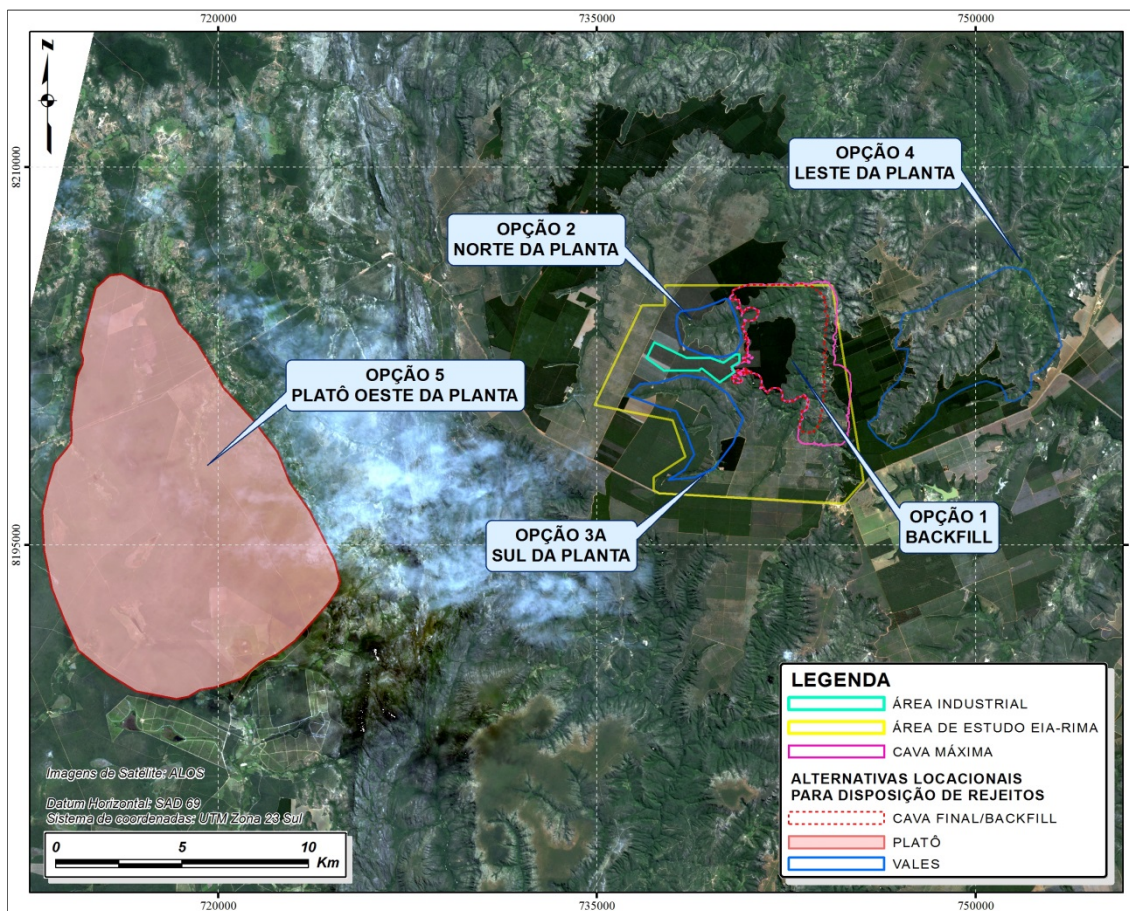
Os estudos desenvolvidos buscaram a elaboração de arranjos geométricos para a disposição do estéril e do rejeito, objetivando a máxima capacidade de armazenamento dentro dos limites das áreas, obedecendo as restrições de estabilidade dos materiais, interferências e condições topográficas locais.

A seguir são resumidas as alternativas desenvolvidas durante o projeto:

- Opção 1 (1A a 1E): disposição na cava através de lançamento de rejeitos em reservatório, rejeitos acondicionados em tubos de geotêxtil de alta resistência (*Bag's*) e rejeitos acondicionados em diques de terra armada (Sistema *Terramesh*);
- Opção 2: disposição em área a oeste da cava (Mundo Novo) através do lançamento de rejeitos em reservatório;
- Opção 3 (3A e 3B): disposição em área a sudoeste da cava através do lançamento de rejeitos em reservatório e rejeitos acondicionados em tubos de geotêxtil de alta resistência (*Bag's*);
- Opção 4: disposição em vale, em área externa ao limite do empreendimento, através do lançamento de rejeitos em reservatório;
- Opção 5: disposição em platô, em área externa ao limite do empreendimento, através da disposição de rejeitos desaguados e empilhados.

Importante ressaltar que a utilização dos estudos realizados durante o projeto, foi de suma importância para a escolha das áreas a serem utilizadas para a disposição do estéril e dos rejeitos gerados para o Projeto Bloco 8, uma vez que, auxiliaram na avaliação dos possíveis impactos ambientais e/ou econômicos gerados pela disposição dos materiais, considerando a revisão do plano de produção. A Figura 4.1.2-17 apresenta as áreas selecionadas no estudo.

FIGURA 4.1.2-17 - Áreas selecionadas para o estudo de viabilidade locacional no estudo realizado em 2013



Fonte: WALM, 2018.

A seleção da alternativa locacional levou em conta a maior viabilidade ambiental da área escolhida, em função do uso e ocupação do solo, interferência com recursos minerais conhecidos e outros empreendimentos já estabelecidos, distância em relação ao empreendimento, área ocupada e impacto na viabilidade do empreendimento.

Desta forma, os cenários de estudo são:

- **Cenário 1:** Estruturas projetadas para a área interna do limite do empreendimento, formado pelas Opções 1C, 2 e 3A;
- **Cenário 2:** Constituído pela ocupação do Vale 4, representado pela Opção 4 nos estudos desenvolvidos em 2013;
- **Cenário 3:** Formado pelo empilhamento de estéril e rejeitos na região do Platô 5 (Opção 5).

Em 2013, foi realizado estudo de alternativas locacionais, que foi atualizado e complementado no presente estudo.

Após atualização do plano de produção, foi verificado que as opções internas ao limite do empreendimento (1C, 2 e 3A) apresentavam um melhor cenário para o estudo. Já os arranjos desenvolvidos para o Vale 3 e Platô 5 apresentavam capacidade individual para atender todo o volume requerido pela SAM. Sendo representados pelas opções 4 e 5, respectivamente, o vale e o platô ficavam fora da área de estudo do projeto e certamente gerariam maiores impactos ambientais e custos de implementação e operação.

Para a estimativa de investimento, foram considerados quantitativos referentes aos seguintes itens:

- Aterro;
- Área de Supressão/Desmatamento;
- Custos de disposição;
- Bombeamento;
- Sistema Extravasor das estruturas; e
- Materiais especiais.

Em função dos estudos realizados no documento “MINA_BLC8007-1010-G-RE-02”, foi realizado o estudo de viabilidade econômica, baseado no atendimento das condições de disposição total dos volumes para atendimento aos 18 anos de operação e com a atualização dos custos.

Os custos finais de CAPEX e OPEX para o Projeto Bloco 8 são resumidos a seguir.

QUADRO 4.1.2-12 - Custo de CAPEX e OPEX por tonelada de produto e rejeito

Resumo	Cenários Econômicos do Estudo		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Capex US\$/tpa (produto)	4,89	10,46	118,79
Opex US\$/t (produto)	0,71	0,72	11,26
Capex US\$/tpa (rejeito)	1,68	3,58	40,69
Opex US\$/t (rejeito)	0,24	0,25	3,86

Fonte: SAM / WALM, 2018.

Para uma avaliação completa em termos de custos, foi realizado o estudo de VPL (Valor Presente Líquido) para os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8, considerando uma taxa de desconto de 10%.

QUADRO 4.1.2-13 - Cálculo do VPL para o estudo de viabilidade locacional

Dados	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VPL 18 ano @ 10% a.a. - US\$	295,64	449,60	4.973,06

Fonte: SAM / WALM, 2018.

A partir dos estudos econômicos realizados, verifica-se em termos econômicos que o cenário constituído pelas estruturas na área do estudo (Cenário 1) é a que apresenta a melhor composição de custos de CAPEX e OPEX.

O Cenário 2 (Opção 4) que considerou a construção de um único barramento na região do Vale 3 a leste do Projeto Bloco 8, apresenta custos de investimento que são mais que o dobro do Cenário 1. Além disto, a área está localizada distante da unidade de tratamento do minério.

No Cenário 3 (Opção 5) considerava-se a disposição do estéril e do rejeito através de aterros convencionais (pilha de estéril e rejeito), verifica-se os maiores custos, ocasionados pelos altos custos do processo de desaguamento do rejeito (rejeito desaguado e/ou espessado) e as dificuldades operacionais de transporte. Os custos construtivos da Opção 5, bem como o custo de bombeamento dos rejeitos para a região do Platô 5 (distante cerca de 25 km a oeste usina de tratamento de minério - a oeste da Serra do Espinhaço), inviabilizariam economicamente o projeto. Além disto, o estudo concluiu que a distância da pilha de estéril e rejeitos com relação à área do estudo ambiental também a inviabiliza ambientalmente, à medida que os impactos seriam muito maiores que os atuais.

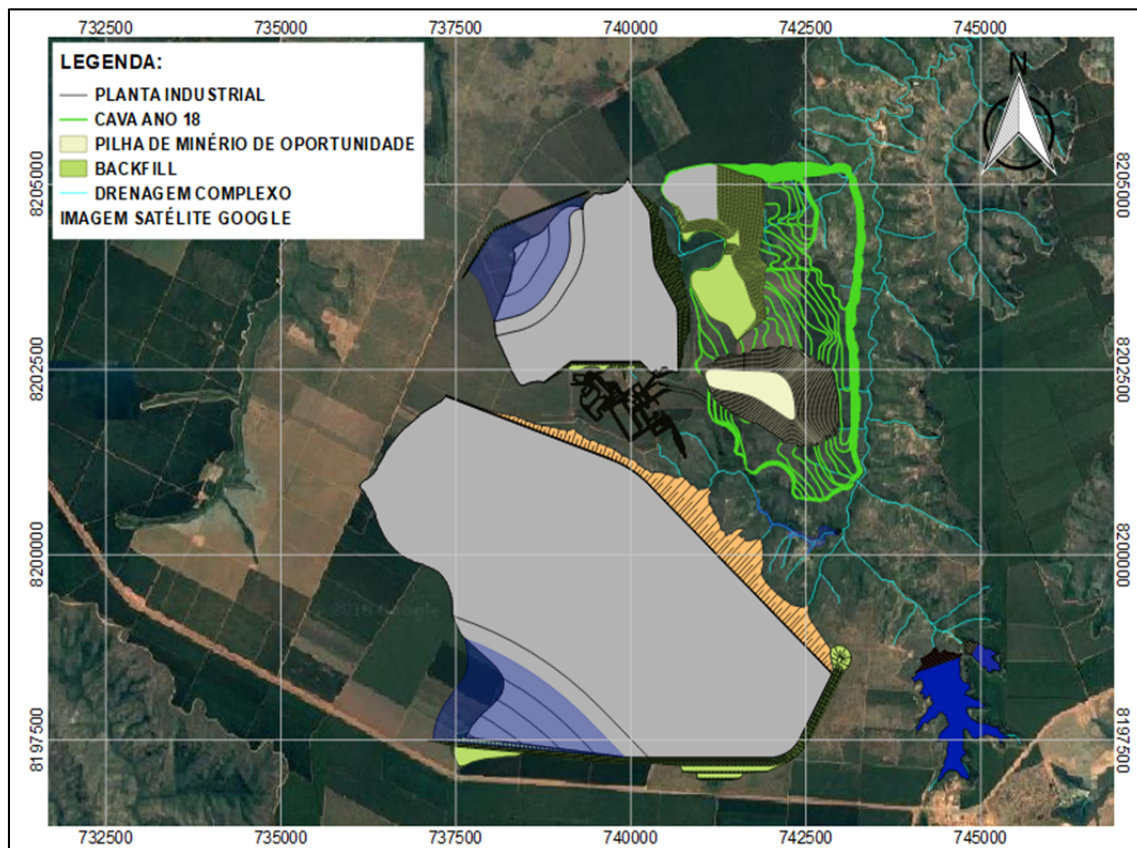
A partir dos estudos de viabilidade locacional realizados para o Projeto Bloco 8, considerando os estudos geométricos de disposição e o estudo de viabilidade econômica, pode-se concluir que:

- De todos os alvos estudados nos trabalhos realizados em 2013 e em 2018, os estudos de viabilidade locacional não identificaram novas áreas (Platôs e Vales) para a disposição do rejeito e do estéril;
- Dentre todos os platôs e vales avaliados no limite do Projeto Bloco 8, o Vale 3 e o Platô 5 foram as regiões que não apresentam interferências em relação a áreas de estudos de exploração minerária e/ou regiões economicamente ativas com exploração de Pinus e Eucaliptos, sendo estas regiões mantidas como foco dos estudos de viabilidade locacional;
- As áreas denominadas como Opção 1, 2 e 3 (Cenário 1) localizadas dentro dos limites do empreendimento são áreas potenciais de ocupação para a disposição do estéril e rejeitos para o presente estudo, sendo ainda considerado a ocupação de outras drenagens na região do Projeto Bloco 8, tais como do córrego Batalha paralelo ao córrego Lamarão, que apresenta potencial para a disposição de rejeitos;
- Para os alvos selecionados para o estudo de viabilidade locacional (Opção 1, 2, 3, 4 e 5), buscou-se de forma comparativa, avaliar os estudos realizados 2013, com ponderações para as condições do projeto a ser realizado em 2018 e com a atualização econômica;
- Os estudos de viabilidade econômica realizados mostram que a Opção 4 (barragem de rejeitos no vale a leste do empreendimento) poderá ser utilizada em alguma eventualidade;
- Estes estudos demonstram que a Opção 5 (Platô localizado a Oeste do empreendimento a 25 Km) não apresenta viabilidade econômica e ambiental.

Dentre as opções estudadas, a composição das Opções 1, 2 e 3 (Opção 1C, Opção 2 e Opção 3A), apresentada como Cenário 1, foi a que apresentou a melhor composição em termos de viabilidade ambiental, técnica e financeira, se mostrando a mais adequada ao Projeto Bloco 8.

A Figura 4.1.2-18 apresenta a localização das áreas definidas para a disposição de rejeitos e estéréis do Projeto Bloco 8.

FIGURA 4.1.2-18 - Arranjo geral das áreas foco dos estudos, definidas para a disposição de estéril e rejeitos na área do Bloco 8



Fonte: WALM, 2018.

4.1.2.5.1 - Barragens de Rejeitos - Alternativas Locacionais

Para os estudos de concepção dos barramentos, foi realizada a avaliação dos melhores eixos de construção, considerando-se as características topográficas locais, limitações existentes e metodologia adotada para o maciço inicial e alteamentos.

4.1.2.5.1.1 - Alternativa 1

A Alternativa 1 de disposição dos rejeitos para o Projeto Bloco 8 consiste na ocupação das drenagens do córrego Lamarão (barragem 1) e Mundo Novo (barragem 2) com barragens em solo compactado.

Para a região, optou-se pela máxima ocupação do vale do córrego Lamarão, com um barramento construído em etapas até a cota referente ao “espigão” entre a drenagem dos córregos Lamarão e Batalha. A cota máxima do “espigão” é equivalente a EL. 915,00 m, sendo que a barragem 1 apresenta cota máxima na EL. 914,00 m.

A barragem 1 seria construída em etapas com maciço inicial na EL. 870,00 m. Nesta configuração, o maciço inicial da barragem 1 apresenta volume total de construção de 8,63Mm³ de aterro em estéril, materiais de escavação obrigatória e/ou de áreas de empréstimo na área do reservatório e altura máxima de 98,00 metros. A barragem 1 seria alteada com o rejeito grosso (*underflow*) obtido no processo de beneficiamento do minério devido aos elevados volumes requeridos no empreendimento. Seu alteamento ocorreria em etapas (recrescimento diário), considerando a metodologia de linha de centro, com o lançamento do material de forma hidráulica no talude de jusante de seu maciço inicial.

Neste processo, o rejeito grosso é lançado em faixas (“painéis”) de 200,00 m sobre o talude de jusante através de espigotes posicionados estrategicamente sobre a crista da barragem, e distanciados entre si de 2,00 a 5,00 m. A ocupação de cada painel é realizada a partir do lançamento hidráulico do rejeito grosso até que se obtenha camadas de aproximadamente 0,50 m. A partir deste ponto, é interrompido o lançamento do rejeito neste painel com o fechamento dos espigotes e passa-se ao início da ocupação de um novo painel de 200,00 m. Ao término do lançamento da camada de 0,50 m no painel, o material recém lançado sofrerá redução de umidade (processo de desaguamento), devido a permeabilidade adequada do rejeito, até que seja possível o tráfego de equipamentos. Ao se atingir tal condição, é realizada a regularização da camada do rejeito de modo a propiciar a compactação adequada do material no painel de 200,00 m. A compactação da camada do rejeito grosso será realizada por um rolo rebocado liso de modo a atingir grau de compactação de 95% do Proctor Normal. O processo é contínuo ao longo do eixo da barragem.

Para a barragem 1, o alteamento da estrutura até a EL. 914,00 m deverá consumir um volume total de rejeito grosso de 19,00 Mm³. Além da barragem alteada em rejeito grosso, nesta configuração, seria necessário a construção de uma sela topográfica na região sudeste do reservatório em solo compactado, denominado Dique D.

A barragem, em sua condição final, apresenta altura de 142,00 m e capacidade total de armazenamento de 435,86 Mm³. Ressalta-se que o volume do reservatório considera a sua ocupação completa desprezando o efeito do adensamento e/ou geometria das praias de lançamento.

Para a barragem 2, a ser construída no córrego Mundo Novo, foi considerada a construção de um barramento em etapa única em solo compactado, podendo ser constituído por estéril, materiais das escavações obrigatórias e/ou de materiais de empréstimo da área do reservatório.

A barragem 2 foi concebida com maciço na EL. 900,00 m, apresenta altura total de 115,70 m e tem capacidade total de armazenamento de 162,50 Mm³. Para atendimento às condições estabelecidas no estudo, foi considerado a implantação de um barramento para atendimento ao volume de descarga da planta. O barramento está localizado na porção sul do reservatório, atendendo ao volume de 500.000,00 m³ para a descarga da planta.

4.1.2.5.1.2 - Alternativa 2

A Alternativa 2 para as barragens 1 e 2 consiste na proposição da construção de barragens de rejeito nas regiões dos córregos Lamarão e Mundo Novo considerando o atendimento do volume total de rejeitos a serem gerados nos 18 anos de operação e barragens construídas em etapas.

Nesta alternativa, optou-se pela máxima ocupação da região do córrego Lamarão, sobrepondo as cotas máximas em terreno natural, desconsiderando quaisquer empilhamentos sobre o reservatório da barragem, com disposição dos rejeitos de forma hidráulica ao longo dos anos de operação. Assim, a barragem 1 proposta para a Alternativa 2 irá contemplar a ocupação do vale adjacente ao Lamarão, denominado como córrego Batalha com o objetivo de maximizar o volume de acumulação. Como os volumes de rejeito requeridos para o projeto são elevados, para a máxima acumulação de material nesta região, optou-se pela sobreposição das cotas máximas em terreno natural, com implantação de uma barragem para a conformação da ombreira esquerda da estrutura na região sul/sudoeste da estrutura.

Para tal, a partir das análises da topografia dos vales dos córregos Lamarão e Batalha, verificou-se que a cota máxima da crista da barragem seria referente a EL. 935,00 m. Como a região do córrego do Batalha na sua margem direita apresenta cota máxima topográfica na EL. 910,00 m, será necessária a construção de um barramento nesta região.

O eixo do maciço principal da barragem 1 encontra-se na direção Noroeste/sudeste de modo a conduzir os fluxos percolados pelo barramento para a drenagem da calha do córrego Lamarão. A barragem deverá ser construída em etapas considerando maciço inicial em estéril e/ou em solo com materiais obtidos das escavações obrigatórias e/ou materiais de empréstimo na área do reservatório, em cota conveniente para o armazenamento dos rejeitos gerados ao longo dos anos. Os alteamentos serão realizados considerando a utilização do rejeito grosso como material de construção, com o lançamento hidráulico do mesmo, considerando a mesma metodologia apresentada para a construção do alteamento da barragem 1 - Alternativa 1.

A partir de uma análise prévia da topografia disponibilizada pela SAM para os estudos, foi definido que a barragem inicial em solo compactado deverá ser implantada na EL. 890,00 m, fazendo com que a estrutura apresente altura total de 119,00 metros, volume de aterro compactado de 18,95 Mm³ e capacidade total de acumulação de 262,60 Mm³.

A partir desta elevação o alteamento da barragem dar-se-á com a disposição simultânea de rejeito grosso no talude de jusante (com geometria compatível com o teor de sólidos do lançamento do rejeito), considerando a metodologia de linha de centro e rejeitos grossos, finos e lama na região do reservatório. Para o presente estudo, foi considerado que a cota da crista da barragem equivale a EL. 935,00 m, levando a uma barragem com altura máxima de 159,00 m. Para o alteamento da barragem ao longo dos anos de operação, será necessário um volume de rejeito grosso para a construção de 46,45Mm³, com o barramento apresentando capacidade total de armazenamento de 900,00 Mm³.

Para a barragem 2 no córrego Mundo Novo, a Alternativa 2 consiste na implantação do barramento construído em etapas, considerando a construção de maciço inicial e alteamentos em solo compactado pela metodologia de linha de centro.

Com o intuito de maximizar o volume de armazenamento na região do córrego Mundo Novo, foi considerado a cota máxima do barramento na EL. 915,00 m, por limitações da topografia na região norte do empreendimento (limite do empreendimento e exigência de sela topográfica para não transpor a drenagem do córrego Mundo Novo), além do atendimento aos platôs da Unidade de Beneficiamento do Projeto Bloco 8, bem como respeitar as cotas dos pontos de lançamento dos rejeitos grossos, finos e da lama gerados no processo de produção do minério de ferro.

Após a avaliação das características topográficas do córrego Mundo Novo, com a avaliação prévia da curva Cota x Volume da região, verificou-se que a cota do maciço inicial para a região seria equivalente a EL. 890,00 m, fazendo com que a barragem apresente altura de 107,00 m, volume de maciço de 17,15 Mm³, e reservatório com capacidade de acumulação de 123,40 Mm³.

A barragem 2 seria alteada em etapas com o próprio estéril e/ou materiais de empréstimo considerando 2 (duas) etapas de crescimento para a estrutura. A primeira considera o alteamento de 15,00 m do maciço inicial pela metodologia de linha de centro, com a crista da barragem alterada da EL. 890,00 m para a EL. 905,00 m, fazendo com que a barragem apresente 122,00 metros de altura. Para o alteamento seriam necessários 5,00Mm³ de solo para a construção desta etapa, sendo que o reservatório apresentaria um aumento de sua capacidade em 55,35 Mm³, fazendo com que a barragem apresente capacidade de acumulação de 178,75 Mm³.

A segunda etapa do alteamento faria com que o maciço final da estrutura atinja a cota final prevista para a barragem 2 na EL. 915,00 m, implicando em um ganho de volume de 39,60 Mm³ de reservatório. Para a construção do último alteamento seria necessário um volume total de 4,30 Mm³ de material, sendo a altura final do barramento igual a 132,00 metros. A capacidade total de armazenamento da barragem 2 será de 218,35 Mm³.

As alternativas estudadas para as barragens 1 e 2 são apresentadas a seguir.

QUADRO 4.1.2-14 - Comparação Entre as Alternativas Estudadas para a Barragem 1

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m²)	Volume de Maciço (m³)	Área Reservatório (m²)	Volume de Reservatório (m³)	Vantagens	Desvantagens
1	1	185,00		657.630.000,00 ^(*)		1.065.860.000,00	- A barragem nesta configuração é a que apresenta a maior capacidade de acumulação dentre as alternativas estudadas.	- Risco de ruptura devido a construção do empilhamento sobre rejeito de baixa resistência.;
	2	159,00	1.898.242,93	65.400.000,00	19.151.150,52	900.000.000,00	- Máxima ocupação a região do córrego Lamarão, sobrepondo as cotas máximas em terreno natural, desconsiderando quaisquer empilhamentos sobre o reservatório da barragem, com disposição dos rejeitos de forma hidráulica ao longo dos anos de operação; - Esta alternativa irá contemplar a ocupação do vale adjacente ao Lamarão, denominado como córrego Batalha com o objetivo de maximizar o volume de acumulação.	

^(*) Nota: Observa-se que 630,00 Mm³ é referente ao empilhamento sobre o reservatório
Fonte: WALM, 2018.

QUADRO 4.1.2-15 - Comparação Entre as Alternativas Estudadas para a Barragem 2

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m²)	Volume de Maciço (m³)	Área Reservatório (m²)	Volume de Reservatório (m³)	Vantagens	Desvantagens
2	1	115,70				162.500.000,00	- Barragem construída em uma única etapa em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem).	- Menor volume de acumulação
	2	132,00	694.089,87	26.450.000,00	5.581.184,41	218.350.000,00	- Barragem inicial em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem); - Alateamentos por linha de centro construídos com aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem).	

Fonte: WALM, 2018.

4.1.2.5.1.3 - Alternativa Selecionada para a Barragem 1

Para a barragem 1, a alternativa 2 é a que melhor atende o Projeto do Bloco 8, pois atende ao volume requerido pela SAM. Além disto, tal alternativa utiliza parte do rejeito a ser gerado nos 18 anos de operação do empreendimento, para a composição das etapas de alteamento com a utilização do rejeito grosso. Dessa forma, há a redução do volume total de reservatório para a barragem, redução de impacto nas áreas do entorno da barragem, com menor área ocupada e redução da altura útil da barragem.

4.1.2.5.1.4 - Alternativa Selecionada para a Barragem 2

Para a barragem 2, a alternativa 2 também é a que melhor atende o Projeto do Bloco 8 por apresentar maior volume de acumulação, em relação as estruturas estudadas. Além disto, a alternativa 2 permite a construção em etapas da estrutura, potencializando a utilização do estéril como material de construção em todas as fases do empreendimento, o que auxilia na redução de material a ser depositado em pilhas de estéril.

4.1.2.5.2 - Backfill

De modo a reduzir os impactos ambientais na área do Projeto Bloco 8, bem como iniciar as obras de reabilitação de áreas antropizadas das atividades minerárias ainda durante a fase de operação, optou-se pela disposição do estéril nas áreas exauridas de sua cava.

Este tipo de disposição é denominado como *backfill*, por ocupar áreas já impactadas pela atividade de mineração, não sendo necessária a ocupação de novas áreas no entorno do empreendimento (redução de impacto ambiental). A disposição do estéril no interior da cava, apresenta ainda, a vantagem de auxiliar no descomissionamento das áreas exauridas da cava com o fechamento parcial da estrutura.

Para o início dos estudos, foram avaliados cuidadosamente o sequenciamento de lavra anual para os 18 anos de operação do empreendimento, bem como as demais limitações na região da cava. Verificou-se que a sequência de operação não permitirá disposição para as frentes de lavra a partir do final do Ano14, em que a cava sofrerá frequentes rebaixamentos até a configuração final do Ano 18. Desta maneira, os arranjos geométricos do presente estudo foram baseados na Cava do Ano 14.

A partir do arranjo geométrico da cava matemática para o Ano 14, foram considerados os estudos para a disposição do estéril para o Projeto Bloco 8. Como a disposição na área da cava apresenta um grande ganho ambiental, por evitar a ocupação de regiões de vegetação nativa, para os estudos do *backfill*, optou-se por alternativas que contemplem a disposição hidráulica de rejeitos.

Optou-se pela manutenção do trecho de disposição hidráulica do rejeito em cota inferior à da cava do Projeto Bloco 8.

Sobre o *backfill*, cabe salientar que o mesmo não se enquadra como barragem. Segundo a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, em seu artigo 7º, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

O Artigo 2º da Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 no item II descrito a seguir, define o termo Barragem de Mineração.

“II. Barragens de Mineração: barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais;”

4.1.2.5.2.1 - Alternativa Selecionada para o Backfill

A partir da análise do sequenciamento da exploração e baseado na disposição do estéril a partir do Ano 2, quando será iniciado a geração de materiais para a disposição em pilhas, verifica-se que o limite de ocupação das áreas da cava é restringido pela cava no final do Ano 14. Cabe ressaltar que a lavra do Projeto Bloco 8 é realizada no sentido Oeste/Leste do empreendimento com avanços em profundidade em cada ano de exploração.

Definido o ano base para a ocupação da cava, dentro das interferências existentes, foi desenvolvido o arranjo geométrico para o *backfill*, respeitando ainda uma zona segura em relação as paredes da cava no final do Ano 14 de 90,00 m. Tal área visa permitir o acesso às frentes de lavra no sentido da exploração, a implantação dos *sumps* operacionais e se porta como zona de segurança em relação as detonações na área da cava.

4.1.2.6 - Estruturas de Captação e Armazenamento de Água

Para o estudo de alternativas de localização das estruturas de captação de água no complexo minerário, foram consideradas as disponibilidades hídricas superficiais da região e as demandas da comunidade Vale das Cancelas. Foram definidas estruturas para atender o empreendimento em todas as suas etapas, como também para atender a demanda de abastecimento da comunidade local.

Baseado nos estudos de viabilidade locacional, a área que melhor atende as condições de armazenamento de água é abordada a seguir.

4.1.2.6.1 - Estudo de Alternativas das Estruturas

O presente item apresenta o estudo de alternativas desenvolvido para as estruturas de armazenamento de água no complexo minerário, denominadas barragem Industrial (abastecimento da usina de tratamento de minério) e barragem do Vale (abastecimento da comunidade do Vale das Cancelas).

As barragens de água concentram-se na porção sudeste da cava do empreendimento, na região denominada como córrego do Vale. Ressalta-se que para as barragens de armazenamento de água do empreendimento, foram desenvolvidas 3 (três) alternativas de uso e ocupação da área, avaliando a sua capacidade de armazenamento.

4.1.2.6.1.1 - Barragem Industrial - Alternativa 1

A Alternativa 1 para a barragem Industrial consiste na construção do barramento na região do córrego do Vale com crista na EL. 860,00 m, e mesmo eixo proposto para o barramento da barragem de abastecimento da comunidade Vale das Cancelas.

A barragem deverá ser construída em etapa única com os materiais oriundos das escavações obrigatórias para a implantação do barramento, bem como de áreas de empréstimo no interior do reservatório (desde que comprovada a sua viabilidade).

A concepção desta barragem consiste na utilização de parte do volume do reservatório para o armazenamento de água para o abastecimento urbano (comunidade do Vale das Cancelas).

A barragem na EL. 860,00 m apresenta altura total de 83,00 metros, volume de maciço em solo compactado de 2,66 Mm³ e reservatório de 17,26Mm³, adotando borda livre de 2,00 metros (EL. 858,00 m).

4.1.2.6.1.2 - Barragem Industrial - Alternativa 2

A alternativa 2, baseia-se na otimização da alternativa 1, desconsiderando a utilização da porção sudeste do reservatório para a separação de água de uso industrial e águas de abastecimento da comunidade Vale das Cancelas.

Desta forma, a barragem seria formada por um reservatório único contemplando toda a bacia do córrego do Vale. A geometria adotada para a barragem consiste na construção da barragem em etapa única com utilização dos materiais oriundos das escavações obrigatórias para a implantação do barramento, bem como de áreas de empréstimo no interior do reservatório.

A barragem na sua concepção final apresenta altura máxima de 83,00 metros, volume de maciço em solo compactado de 2,66 Mm³ e reservatório de 19,32 Mm³, adotando borda livre de 2,00 metros (EL. 858,00 m).

4.1.2.6.1.3 - Barragem Industrial - Alternativa 3

A Alternativa 3 para a barragem Industrial consiste na máxima utilização do córrego do Vale para a construção da estrutura de abastecimento da Planta Industrial do empreendimento. Para tal, foi considerado como limitante para a concepção do barramento o limite da cava máxima matemática do empreendimento para o posicionamento da estrutura.

A partir destas premissas, a crista da estrutura está localizada na EL. 825,00 m. Assim, como para os demais maciços das alternativas 1 e 2, foi considerado que o maciço da estrutura deverá ser executado com materiais de escavação obrigatória da região e/ou de áreas de empréstimo do reservatório (desde que comprovada a sua viabilidade), sendo que para a cota da crista o volume de maciço será de 1,22 Mm³.

A barragem apresenta, nesta configuração, altura máxima de 55,00 metros, e reservatório - adotando borda livre de 2,00 metros (EL. 823,00 m) - de 10,49 Mm³.

As alternativas estudadas são apresentadas a seguir.

QUADRO 4.1.2-16 - Comparação entre as alternativas estudadas para a Barragem Industrial

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m²)	Volume de Maciço (m³)	Área Reservatório (m²)	Volume de Reservatório (m³)	Vantagens	Desvantagens
Industrial	1	83,00	11.360,57	2.660.000,00	728.589,43	17.260.000,00	- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem); - Eixo da barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria); - Apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório; - Apresenta boa capacidade de acumulação para água de reuso na planta industrial.	- Apresenta um dique de separação entre o reservatório para uso industrial, que irá operar sobre variação de nível nos taludes de jusante e montante, condição não apropriada para a operação de maciços em solo compactado, pois as elevadas gerações de pressões neutras nos taludes dos barramentos poderá levar ao colapso da estrutura; - Implica em baixa capacidade de volume de água para o abastecimento urbano na Barragem do Vale; - Risco de ruptura da barragem, devido ao efeito de ruptura em cascata caso ocorra o colapso da barragem do Vale localizada na porção sudeste do reservatório.
Industrial	2	83,00	11.360,57	2.660.000,00	783.398,97	19.320.000,00	- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem); - Eixo da Barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria); - Apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório; - Apresenta a maior capacidade de acumulação para a água de reuso na planta industrial; - Não apresenta estruturas de contenção intermediária no reservatório; - Não apresenta restrição para a barragem do Vale; - Não apresenta riscos de ruptura em cascata devido a existência de barramentos a montante da estrutura.	
Industrial	3	55,00	74.711,67	1.220.000,00	606.092,69	10.495.000,00	- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem); - Eixo da barragem localizado no limite de ocupação para o córrego do Vale respeitando as interferências existentes; - Apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório.	- Exige realocação dos estudos da linha adutora de água das barragens de Irapé e Vacaria; - Apresenta menor capacidade de acumulação dentre as alternativas estudadas; - Implica na redução da área disponível para a construção da barragem do Vale para o abastecimento urbano; - Risco de ruptura da barragem, devido ao efeito de ruptura em cascata caso ocorra o colapso da barragem do Vale localizada a montante do reservatório.

Fonte: WALM, 2018.

4.1.2.6.1.4 - Barragem do Vale - Alternativa 1

A Alternativa 1 para a barragem de abastecimento do Vale das Cancelas, considera a construção de um barramento de separação do reservatório da barragem Industrial para restringir o contato entre a água gerada pelo processo industrial e da água a ser utilizada para o consumo humano.

O barramento foi posicionado estrategicamente na porção sudeste do reservatório da barragem Industrial, sendo considerada para tal, cota da crista idêntica à da barragem Industrial - Alternativa 1, equivalente a EL. 860,00 m.

Para o presente estudo de alternativas, foi considerado que este barramento deverá ser implantado em etapa anterior à construção da barragem Industrial e/ou concomitante, com o objetivo de evitar interferências e/ou construção de estrutura provisória de contenção.

A barragem do Vale - Alternativa 1 - será construída em etapa única com material oriundo das escavações obrigatória e/ou de áreas de empréstimo no reservatório. A partir destas premissas, foi desenvolvido o arranjo geométrico para a citada Alternativa 1. A geometria da barragem foi alterada com o objetivo de atender as recomendações da NBR 13.028 (ABNT, 2017) que recomenda a implantação de bermas com largura suficiente para a implantação dos dispositivos de drenagem superficial, instrumentação e para trânsito de equipamentos de manutenção.

A barragem do Vale para a Alternativa 1 encontra-se na EL. 860,00 m e apresenta altura máxima de 50,00 metros, volume de maciço de 0,38 Mm³ e capacidade de 0,64 Mm³, considerando o reservatório com borda livre de 2,00 metros (EL. 858,00 m).

4.1.2.6.1.5 - Barragem do Vale - Alternativa 2

A Alternativa 2 para a barragem do Vale consiste na construção de um barramento independente para o atendimento da demanda hídrica da Comunidade Vale das Cancelas. Para tal, foi considerada a ocupação da cabeceira do vale a nordeste do arranjo previsto para a barragem Industrial.

Como a barragem deverá apresentar capacidade compatível para o abastecimento da Comunidade Vale das Cancelas, optou-se pela maximização da ocupação do vale proposto, sendo adotada crista na EL. 860,00 m para a barragem do Vale - Alternativa 2.

Foi considerado que a estrutura deverá ser implantada em etapa única e que os materiais de empréstimo para o barramento deverão ser originados das escavações obrigatórias para a implantação da estrutura e/ou de áreas de empréstimo localizadas no próprio reservatório da estrutura.

A barragem do Vale - Alternativa 2 - apresenta crista na EL. 860,00 m, altura total de 65,00 metros, volume de maciço de 0,70Mm³ e capacidade total de armazenamento de 1,64Mm³.

4.1.2.6.1.6 - Barragem do Vale - Alternativa 3

A Alternativa 3 dos estudos para o barramento para a contenção de água para o abastecimento urbano, considera a premissa de ocupação de grande parte do vale do córrego do Vale com o reservatório da barragem Industrial, considerando como limite a barragem Industrial - Alternativa 3.

Desta forma, a barragem do Vale deverá ser construída em regiões de cabeceira da drenagem do córrego. Dentre os talvegues com a maior capacidade de acumulação, verificou-se que a região sudeste do córrego é a que apresentava a maior capacidade de armazenamento.

Ressalta-se que a área à sudeste do córrego equivale à mesma drenagem estudada para a barragem do Vale - Alternativa 1. Além disto, foi adotado como premissa base para esta alternativa, que a barragem do Vale - Alternativa 3 não deverá apresentar quaisquer saturações devido a sobre-elevação do reservatório da barragem Industrial - Alternativa 3 à jusante. Assim, o eixo foi ajustado na porção sudeste da área disponível de maneira a propiciar a maior capacidade de armazenamento, dentro dos limites.

Para atendimento as condições apresentadas, a barragem do Vale - Alternativa 3 foi limitada com a crista na EL. 870,00 m. Além disto, foi considerado que a barragem seria construída em etapa única e que os materiais de empréstimo para estas barragens serão obtidos das escavações obrigatórias para a construção da estrutura e de áreas de empréstimo na área do reservatório.

A barragem do Vale - Alternativa 3 na EL.870,00 m apresenta altura máxima de 45,00 metros, volume de maciço de 0,28Mm³ e capacidade de acumulação de 0,50Mm³.

As alternativas estudadas são apresentadas a seguir.

QUADRO 4.1.2-17 - Comparação Entre as Alternativas Estudadas para a Barragem do Vale

Barragem	Alternativa	Altura Máxima (m)	Área Maciço (m²)	Volume de Maciço (m³)	Área Reservatório (m²)	Volume de Reservatório (m³)	Vantagens	Desvantagens
Vale	1	50,00	26.679,82	383.000,00	51.606,65	640.000,00	- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem); - Eixo da barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria) e mineroduto; - A alternativa apresenta menor área impactada entre os estudos para o abastecimento urbano.	- Opção apresenta baixo volume de acumulação para o abastecimento urbano; - A alternativa apresenta a pior relação entre o volume de maciço e volume de reservatório; - A barragem operando nesta condição implica em riscos operacionais para a SAM, uma vez que a estrutura irá operar como um dique de separação entre a água industrial e água de abastecimento urbano, apresentando variações de nível a montante e a jusante que podem implicar em elevadas gerações de pressões neutras na estrutura podendo levar a ruptura por erosão regressiva (<i>piping</i>) para este tipo de estrutura construída em solo; - Risco de ruptura da barragem, em caso de rebaixamento rápido do reservatório da barragem Industrial; - Risco de ruptura da barragem em caso de colapso da barragem Industrial a jusante.
Vale	2	65,00	35.039,67	700.000,00	86.549,87	1.640.000,00	- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da barragem); - Eixo da barragem encontra-se em ponto estratégico para a travessia da adutora de água (Irapé/Vacaria) e mineroduto; - O barramento encontra-se localizado em talvegue paralelo ao previsto para a construção da barragem Industrial, operando independente desta estrutura; - A alternativa é a que apresenta a melhor relação entre volume de maciço e volume de reservatório para as barragens de abastecimento do projeto da SAM; - A barragem nesta configuração é a que apresenta a maior capacidade de acumulação dentre as alternativas estudadas para o abastecimento da Comunidade de Vale das Cancelas; - Não apresenta interferência com outras estruturas a montante e/ou a jusante.	
Vale	3	45,00	19.172,36	280.000,00	44.088,14	500.000,00	- Barragem construída em aterro compactado (Estéril e/ou materiais de empréstimo da área da Barragem); - A alternativa é a que apresenta boa relação entre volume de maciço e volume de reservatório para as barragens de abastecimento do projeto da SAM;	- Opção apresenta baixo volume de acumulação para o abastecimento urbano; - A alternativa apresenta a menor capacidade de acumulação do reservatório para a demanda de abastecimento urbano; - Risco de ruptura da barragem, em caso de rebaixamento rápido do reservatório da Barragem Industrial; - Risco de ruptura da barragem a jusante devido ao efeito de ruptura em cascata para a barragem Industrial localizada imediatamente à jusante.

Fonte: WALM, 2018.

4.1.2.6.1.7 - Alternativas Selecionadas para Armazenamento de Água

A partir das informações anteriores, verifica-se que as Alternativas 2 propostas tanto para a barragem Industrial quanto do Vale são as que melhor atendem as condições para as demandas de água para o abastecimento da planta industrial e para o abastecimento de água para a comunidade Vale das Cancelas.

Para a barragem do Vale, a Alternativa 2 é a mais indicada para atender as necessidades do projeto.

Para a barragem Industrial, a Alternativa 2 apresenta a máxima capacidade de volume de armazenamento para a ocupação do córrego do Vale, correspondente às necessidades operacionais do projeto. O volume total armazenado no barramento, equivale ao abastecimento da planta industrial de, aproximadamente, 6 (seis) meses de produção.

4.1.2.7 - Barragem do Rio Vacaria

O projeto da barragem do rio Vacaria, tal como será sintetizado nos itens seguintes, foi elaborado pela empresa DAM Projetos de Engenharia Ltda., em locação já considerada no passado pelo DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, órgão que tinha por objetivo suprir a defasagem no abastecimento d'água de toda a população ribeirinha do rio Vacaria, incluindo a sede do município de Fruta de Leite.

O DNOCS obteve a licença ambiental de implantação em 2007, iniciou a construção do canteiro de obras mas o empreendimento, entretanto, não foi adiante.

Em 2012, a SAM, em função do conhecimento adquirido em seus anos de atuação na região norte de Minas, e considerando a potencialização dos benefícios vinculados ao seu projeto de mineração, assinou com o Governo de Minas Gerais um Protocolo de Intenções, o qual incluía o compromisso de construção da barragem do rio Vacaria. Assim, a empresa contratou a DAM Projetos de Engenharia e iniciou os estudos para checar a possibilidade de construir a barragem adotando o mesmo eixo projetado pelo DNOCS, tornando mais efetiva a contrapartida social do Projeto Bloco 8, além de adaptá-lo às suas próprias necessidades de consumo. Criou-se, assim, um importante elo entre o empreendimento e as localidades em sua área de influência, vez que o futuro barramento permitirá incremento na disponibilidade hídrica aos habitantes da região, castigada pela escassez de estruturas de reservação.

A elaboração do projeto conceitual pela DAM Projetos de Engenharia contemplou as seguintes atividades técnicas principais:

- avaliação da documentação original do projeto concebido pelo DNOCS;
- estudos de alternativa para definição dos eixos do barramento, método construtivo e tipo de captação de água;
- investigações geotécnicas preliminares, com reconhecimento geológico-geotécnico em campo, interpretação geomorfológica de fotos e locação otimizada na topografia existente;
- análise e verificação do levantamento topográfico a laser, com curvas de nível de metro em metro;
- definição de arranjos considerando o eixo selecionado;

- pré-dimensionamentos e definição de necessidades e investigações geotécnicas de detalhe (sondagens) para elaboração do projeto básico, a ser executado após a comprovação da viabilidade ambiental do Projeto Bloco 8.

Em seguida, foram realizados estudos de viabilidade técnica, os quais tiveram como premissas o seguinte:

- vida útil mínima: 18 anos;
- demanda de água nova para o Projeto Bloco 8: 6.200 m³/h;
- disponibilização de 4.000 m³/h de água ao Governo de Minas Gerais para que ele promova a distribuição às comunidades no entorno do reservatório de Vacaria (incluindo projetos de irrigação).

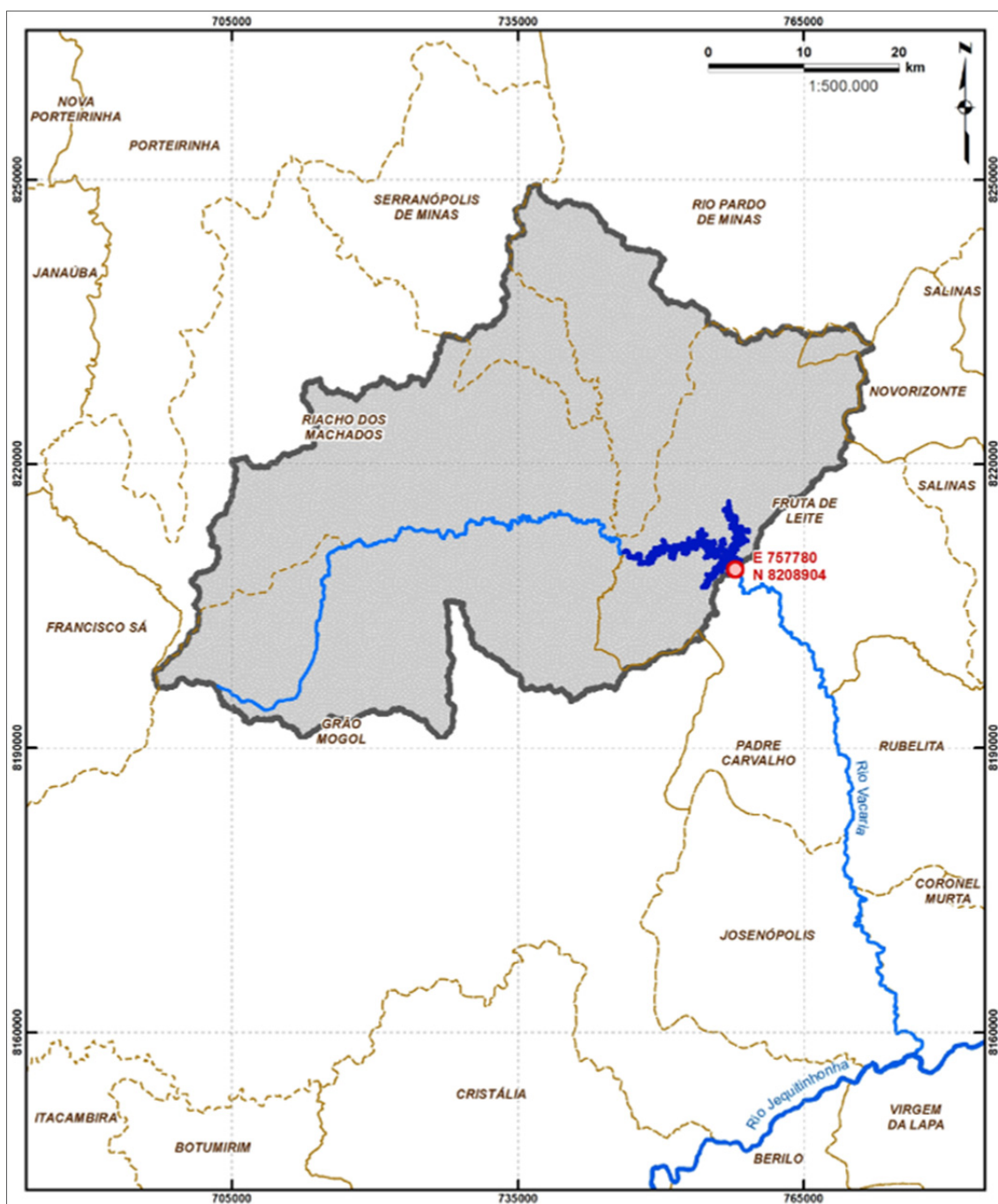
Em um primeiro momento, o nível d'água normal do reservatório foi fixado na cota de elevação 630 metros, com uma segunda etapa de alteamento para a cota de elevação 637 metros. Posteriormente, decidiu-se por um estudo comparativo na cota 634 metros, com uma segunda etapa na cota 637 metros (considerando o nível d'água normal).

Os diversos comparativos mostraram que o reservatório formado na cota 634 metros terá uma capacidade de armazenamento da ordem de 80.775 Mm³, suficiente para o atendimento das premissas supramencionadas. O alteamento para a cota 637 metros, portanto, não está considerado no presente documento.

A barragem será localizada no leito rio Vacaria, no ponto de coordenadas E 757780 e N 8208904. A formação do reservatório se dará a partir das contribuições de toda a microbacia, totalizando 2.325 km².

O empreendimento, a contar o espelho de água do barramento, se encontra em parte dos territórios de Fruta de Leite e Padre Carvalho. Tais municípios estão integralmente localizados na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

O rio Vacaria nasce no município de Grão Mogol e percorre seu curso na direção sudeste por, aproximadamente, 170 km até desaguar na margem esquerda do Jequitinhonha, conforme Figura 4.1.2-19, cerca de 20 km distante do reservatório da UHE Irapé.

FIGURA 4.1.2-19 - Localização do reservatório e barragem do rio Vacaria

Fonte: DAM, 2015.

Definição de eixo do barramento e nível d'água associado

Em relação ao sítio do barramento, optou-se pelo sítio estudado e considerado viável pelo DNOCS, que conta com intervenções já realizadas (terraplenagem do canteiro e acesso ao eixo), além de se situar em local que permite os menores volumes de maciço da barragem.

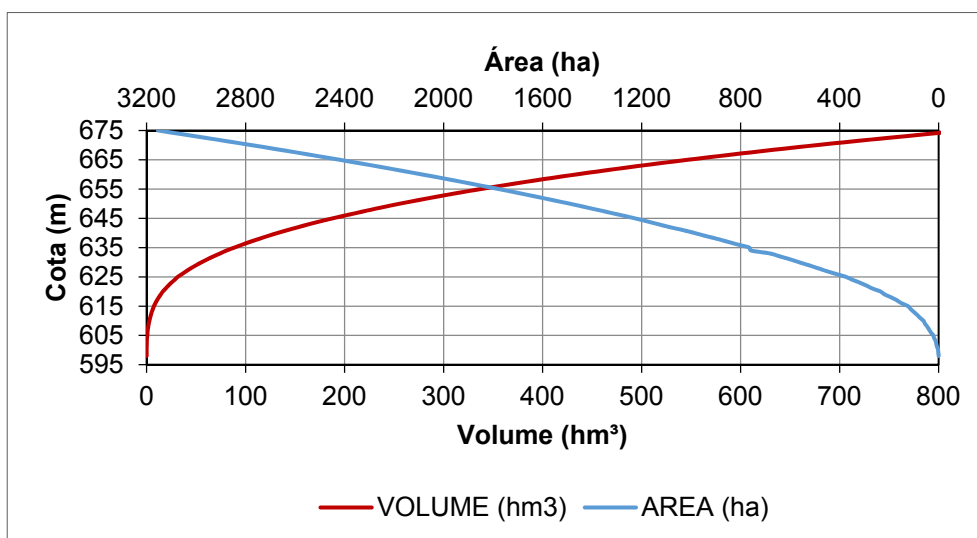
Eixos a montante e a jusante foram descartados, tendo em vista que os primeiros deixam de receber afluentes importantes, o que diminuiria o potencial de captação para vazões incompatíveis com o empreendimento, e os segundos se afastam demasiadamente da área industrial do Projeto Bloco 8, além de inundar e prejudicar a infraestrutura local (parte do acesso a Fruta de Leite e respectiva ponte de travessia, além da área balneável a jusante da ponte).

Para o ponto escolhido, foram estudados diferentes alinhamentos em relação ao eixo do barramento, visando uma melhor acomodação no terreno. O alinhamento selecionado encontra-se numa melhor colocação em relação ao rio, resultando naturalmente em um volume menor de escavação. Importante destacar que para o eixo selecionado a barragem máxima possível apresenta o coroamento na cota 675. A seguir é apresentada a relação Cota x Área x Volume do eixo de barragem selecionado.

QUADRO 4.1.2-18 - Comparativo dos Níveis de N.A

Cota	Área Inundada	Volume	Cota	Área Inundada	Volume	Cota	Área Inundada	Volume
m	ha	hm ³	m	ha	hm ³	m	ha	hm ³
598	0	0	621	267	19,122	643	1134	164,183
600	2,52	0	622	291	21,915	644	1180	175,751
601	6,09	0,047	623	318	24,960	645	1227	187,785
602	9,55	0,125	624	348	28,287	650	1491	255,735
603	11,8	0,232	625	375	31,426	655	1778	337,460
604	17,8	0,379	626	415	35,928	660	2088	434,110
605	21,7	0,668	627	454	40,270	665	2421	546,835
606	31,1	0,863	628	489	44,984	670	2776	676,760
607	38,8	1,212	629	526	50,058	675	3154	825,010
608	46,1	1,636	630	564	55,493			
609	55,2	2,142	631	600	61,302			
610	61,3	2,743	632	642	67,512			
611	75,4	3,440	633	682	74,132			
612	86,6	4,250	634	758	80,775			
613	99,9	5,181	635	765	88,598			
614	113	6,246	636	810	96,472			
615	124	7,366	637	853	104,783			
616	150	8,837	638	896	113,527			
617	169	10,433	639	943	122,725			
618	192	12,240	640	987	132,376			
619	218	14,288	641	1034	142,478			
620	235	16,342	642	1087	153,079			

Fonte: DAM, 2015.

FIGURA 4.1.2-20 - Relação cota versus área versus volume

As seguir estão resumidos os resultados em termos de cota x área inundada x volume considerando o eixo selecionado e o nível d'água na cota 634 metros.

QUADRO 4.1.2-19 - Dados do Reservatório no Nível D'água Selecionado

Vazão Regularizada (m³/h)	Volume reservado (Mm³)	NA Normal (m)	NA Máximo (m)	Área Inundada Normal (ha)	Área Inundada Máxima (ha)
14.245	80,775	634	638	758	986

Fonte: DAM, 2015.

Definição do tipo de barramento

Para o eixo selecionado em questão, foram estudadas duas alternativas de barragem, sendo a primeira em concreto rolado (CCR) e a segunda de enrocamento com núcleo de argila. A primeira possui como vantagem o menor volume de maciço. Já a segunda tem a vantagem de haver grande disponibilidade de materiais de construção no local, em especial da escavação exigida do vertedouro.

A alternativa de uma barragem homogênea de terra não foi considerada, uma vez que ocupa uma área bem maior e exigiria estruturas de concreto de maior comprimento, além da importação de uma maior quantidade de material argiloso da chapada e exigir um bota-fora relativamente grande de material rochoso, proveniente da escavação do vertedouro.

Assim, comparando tecnicamente a concepção das duas alternativas selecionadas, tem-se:

- A Alternativa 1 de concreto poderá ter um vertedouro posicionado no centro do vale. A tomada d'água será posicionada junto à barragem, sendo acessada pela própria barragem;
- A Alternativa 2 de enrocamento com núcleo de argila deverá ter um vertedouro dimensionado para a vazão decamilar, por questões de segurança. O vertedouro será posicionado na ombreira esquerda, descendo a encosta. A tomada d'água será posicionada dentro do lago na ombreira direita, sendo acessada preferencialmente por uma passarela metálica.

Tecnicamente, as duas alternativas são viáveis. Entretanto, os custos de implantação e operação vinculados à Alternativa 1 são maiores, o que justifica a opção pela Alternativa 2 utilizando enrocamento com núcleo de argila.

Definição da tecnologia de captação de água no reservatório

O sistema de captação a ser implantado deverá considerar a oscilação do nível d'água durante o ano, bem como a possibilidade de assoreamento do fundo do reservatório e variações na qualidade de água, em função da profundidade do reservatório.

Para a captação de água no reservatório foram estudadas três alternativas, a saber:

Alternativa 1: Captação com plataforma flutuante (Balsa) e duas elevatórias:

Nesta alternativa a captação seria feita, através de bombas instaladas sobre uma plataforma flutuante no interior do reservatório. A adutora teria início na balsa de captação que seria composta por 6 (seis) bombas centrífugas de eixo horizontal com sistema de escorva automático, sendo 5 bombas operando e 1 bomba reserva. Esta alternativa apresenta como inconvenientes:

- Dificuldade de manutenção das bombas instaladas sobre a plataforma flutuante;
- Necessidade de manutenção de um barco no local para transporte de peças, motores, válvulas, etc;
- Necessidade de um sistema de bombeamento auxiliar durante todo o período construtivo e após o término da vida útil da mina, para garantir o fluxo de jusante no rio Vacaria.

Alternativa 2: Captação através de estrutura fixa dentro do lago (plataforma e trilhos) e duas elevatórias (bombas anfíbias no reservatório e bombas centrífugas a jusante).

Nesta alternativa a captação seria feita, através de uma plataforma fixa no coroamento da barragem, correndo seis bombas sobre trilhos apoiados no paramento de montante da barragem ou seis bombas verticais de eixo prolongado, instaladas sobre uma torre com 4 aberturas). Esta alternativa apresenta como inconveniente a necessidade de um sistema de bombeamento auxiliar durante todo o período construtivo e após o término da vida útil da mina, para garantir o fluxo de jusante no rio Vacaria.

Alternativa 3: Captação através de estrutura fixa dentro do lago (torre e galeria ou crivo e galeria) e uma elevatória (somente a principal a jusante):

Nessa alternativa a captação seria feita, através de torre com 4 aberturas no interior do reservatório eliminando-se a elevatória do lago. Em relação à estrutura fixa dentro do lago, essa alternativa tem duas variantes: a primeira conta com uma torre e galeria, e a segunda conta com um crivo e galeria.

Na travessia da barragem, a tubulação de aço carbono ASTM A36, DN 1.000 mm irá até a estação de bombas principal, a 300 m. A adutora de água bruta contará com uma derivação para garantir o fluxo residual no rio Vacaria.

Esta alternativa não apresenta os inconvenientes das alternativas anteriores e tem, como vantagem adicional, a eliminação da elevatória do lago.

Assim, analisando as alternativas, a captação selecionada foi através de estrutura fixa dentro do lago (torre e galeria) e uma elevatória (somente a principal a jusante), através de torre com 4 aberturas no interior do reservatório, sendo que a utilização da tomada d'água em torre com várias aberturas permite flexibilidade operacional, segurança e boa qualidade da água descarregada para jusante. Além disso, no descomissionamento, a restituição para jusante funcionará por gravidade, evitando o bombeamento.

Características técnicas da alternativa selecionada

O volume útil do reservatório da barragem do rio Vacaria foi dimensionado para atender a vazão a ser captada para a SAM de 6.200m³/h (valor compatível com a demanda mínima de água nova necessária ao empreendimento acrescido de um fator de 20%), a vazão de até 4.000 m³/h a ser disponibilizada para o Governo de Minas Gerais (usos múltiplos das populações locais) e a manutenção da vazão mínima residual legal de 50% Q_{7,10} de 401 m³/h, conforme estudos hidrológicos.

Considerando riscos de falha normalmente admitidos em projetos de barragem, o reservatório será capaz de regularizar as seguintes vazões:

- 11.264 m³/h (2,5% de risco de falha);
- 11.873 m³/h (com um risco de falha de 5%);
- 14.245 m³/h (10% de risco de falha).

O arranjo proposto prevê o nível d'água na cota 634 metros e a crista da barragem fixada na elevação 639 metros, com 8 m de largura. O maciço terá 40 metros de altura máxima, a ser construído em etapa única, constituído por um maciço de enrocamento com núcleo de argila e estruturas associadas de concreto armado. Os taludes de montante e jusante terão inclinação 1V:2H.

Na região do leito do rio e das ombreiras, a barragem deverá ficar apoiada em rocha, procedendo-se à escavação de todo o material não rochoso existente.

As características técnicas da barragem do rio Vacaria são sumarizadas a seguir.

QUADRO 4.1.2-20 - Síntese das Características Técnicas da Barragem do Rio Vacaria

Barragem do rio Vacaria	
Vazão Regularizada (m ³ /h)	14.245 (risco de falha 10%)
Elevação do nível d'água - NA normal (m)	634
Área Inundada no NA Normal (ha)	758
Capacidade de Acumulação (m ³)	80.775.000
Barragem	Enrocamento com núcleo de argila
Comprimento (m)	307,9
Altura (m)	40
Cota do Coroamento (m)	639
Volume do Maciço (m ³)	426.103
Vertedouro	Soleira Livre em Rocha
Largura (m)	65
Vazão de Projeto (m ³ /s)	884
Cota da Soleira do vertedouro (m)	634
Lâmina Máxima (m)	4
Tomada d'Água	Torre na Ombreira Direita
Aberturas	4
Vertedor de Fundo	Aço DN 1.600

Fonte: DAM, 2015.

Também foram consideradas para esta opção as questões ambientais, uma vez que aproveita melhor os materiais das escavações exigidas, minimizando ou até mesmo eliminando a necessidade de “bota-fora”. O material escavado que não for possível de se utilizar no maciço da barragem será depositado em área adjacente, dentro do próprio reservatório.

Estudos hidrológicos

Os estudos hidrológicos relacionados à futura barragem do rio Vacaria foram desenvolvidos com o objetivo principal de determinar a capacidade de regularização dos mananciais e as cheias para o dimensionamento dos sistemas de desvio do rio Vacaria, do vertedouro e do sistema de drenagem interna e superficial. Foram levados em consideração o volume de sedimentos, o volume útil de regularização, os volumes e cheias de projeto, bem como os valores das descargas de pico dessas cheias.

Os estudos de cheias foram desenvolvidos, utilizando-se dados disponíveis de vazões e de precipitações intensas, registradas em regiões próximas ao local de implantação da obra. Para tanto, foi feita uma análise criteriosa dos dados hidrológicos existentes para a região da obra, bem como dos levantamentos e dados topográficos disponíveis da área da bacia.

Foi também estudada a cheia adotada para o dimensionamento do vertedouro, a borda livre sobre o nível d'água máximo do reservatório e a curva de descarga a jusante da barragem, bem como a recorrência para dimensionamento das estruturas de drenagem superficial.

Série histórica de vazões

A série de vazões médias mensais da estação Ponte Vacaria (código 54165000), operado pela ANA - Agência Nacional de Águas, foi utilizada como referência para o estudo hidrológico. Como o posto da ANA está muito próximo do eixo selecionado e os pequenos vales adjacentes são praticamente secos, foi adotada a mesma série para o eixo da barragem. A diferença em área de drenagem é insignificante, da ordem de 1 km².

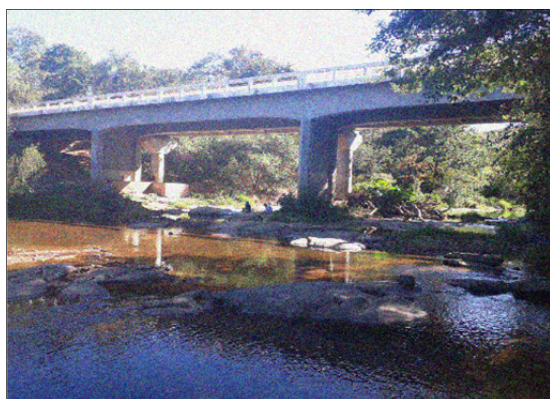


Foto 4.1 - Ponte Vacaria (Estação ANA 54165000)

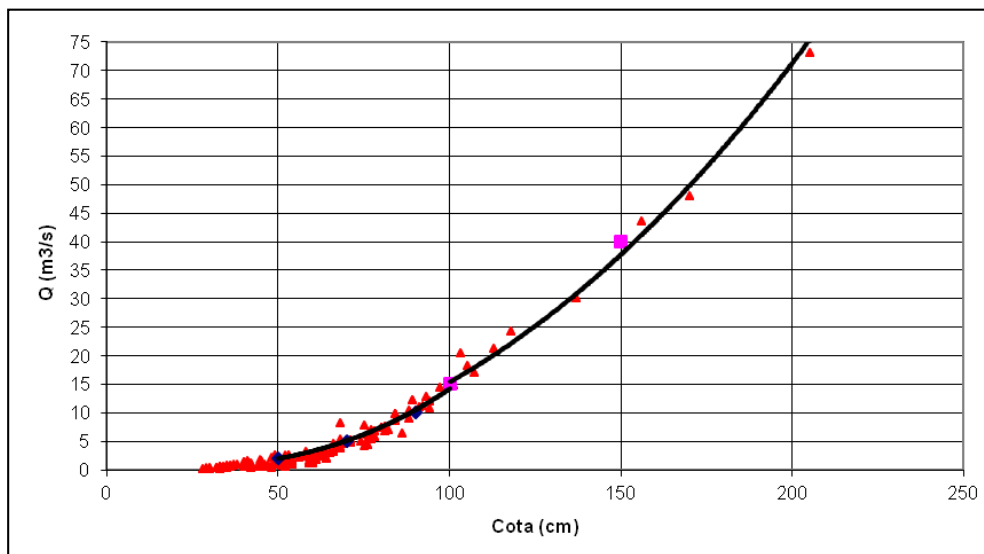
Fonte: DAM, 2015.

A série de vazões médias mensais cobria o período 1976/2014 e apresentava uma vazão média de longo termo (MLT) de 7,98 m³/s. Entretanto, tendo em vista preocupações específicas com a disponibilidade hídrica do empreendimento, foi realizado um aprofundamento do estudo hidrológico. Esse aprofundamento se deu considerando:

- o estabelecimento de curvas chaves novas¹, de modo a aumentar a precisão da série hidrológica;
- o estudo de sensibilidade de regularização no local, considerando a hipótese de uma eventual tendência decrescente dos deflúvios no período final da série histórica;
- a avaliação dos reflexos na disponibilidade hídrica projetada, decorrente do uso da água na região da mina em uma área de pouco mais de 80 km².

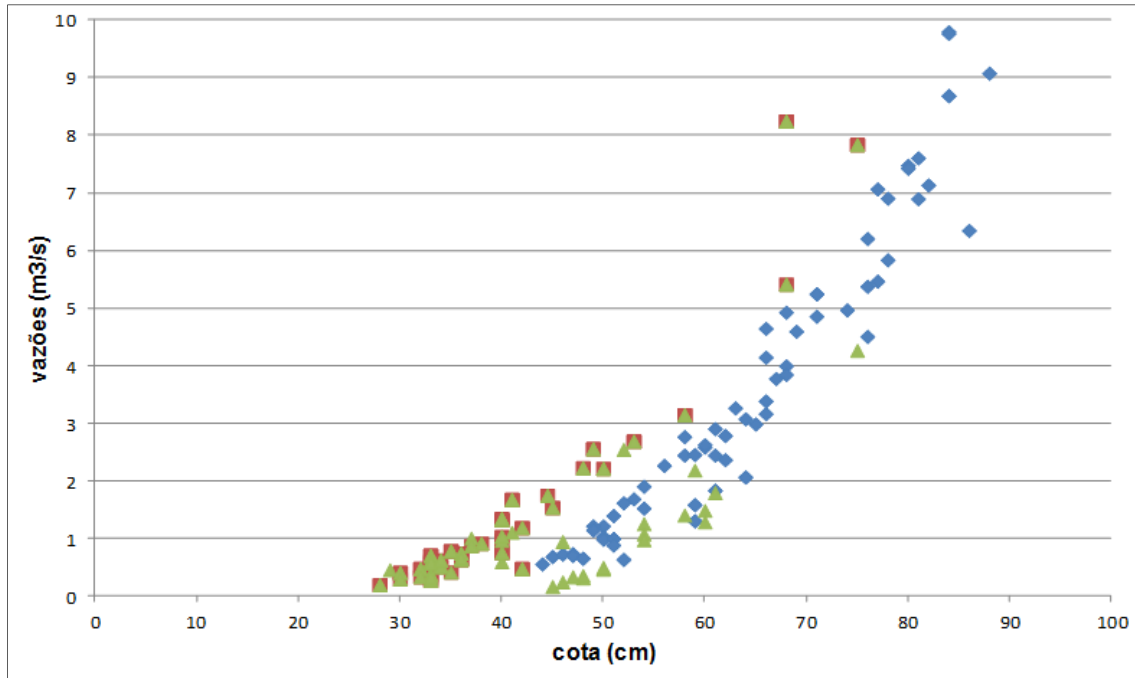
A Figura 4.1.2-21 apresenta as medições realizadas pela ANA plotadas na curva chave.

¹ - As curvas chaves mostram a relação da cota de uma seção do curso d'água com a vazão.

FIGURA 4.1.2-21 - Medidas de Cota e Vazão Plotadas e Linha da Curva Chave

Fonte: DAM, 2015.

Quando ampliada a parte baixa da curva chave onde estão as menores cotas e vazões, é possível identificar diferentes padrões, conforme Figura 4.1.2-22.

FIGURA 4.1.2-22 - Ampliação da Parte Baixa da Curva Chave

Fonte: DAM, 2015.

Verificou-se que, na parte baixa da curva chave, o controle local apresenta-se com fundo móvel, com três períodos distintos, a serem considerados, 1975 a 1993, 1994 a 2009 e 2010 a 2015, havendo ainda as transições entre um e outro, problema este contornado pelo ajuste fino da série às medições.

Essas diferenças são relativamente suaves e podem ser devidas a obras e reformas na ponte do rio Vacaria, possivelmente com o deslocamento das réguas, além do assoreamento e exploração de areia logo a jusante do posto, o que induz a considerar o controle local com fundo móvel em águas baixas.

Assim, foi elaborada uma nova série para ser referência dos estudos de viabilidade da barragem do rio Vacaria, fazendo-se um ajuste real às medições e privilegiando a envoltória inferior da curva chave dos dados da ANA.

QUADRO 4.1.2-21 - Vazões médias mensais em m³/s da Estação ANA 54165000 - Ponte Vacaria

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	MÉDIA
1976	1,69	1,62	0,740	0,690	0,957	0,730	0,754	0,560	0,907	1,22	17,1	9,82	3,07
1977	16,2	3,78	1,77	4,60	3,21	2,27	1,75	1,15	1,46	1,40	3,51	4,24	3,77
1978	19,9	45,2	21,1	4,86	5,42	4,65	3,61	2,59	3,38	4,93	8,65	19,1	11,9
1979	68,4	107,0	27,8	40,7	13,2	10,2	9,21	11,2	9,22	13,6	13,1	18,6	28,5
1980	78,3	88,2	21,4	20,3	11,8	10,4	9,13	5,84	5,12	3,21	22,0	27,3	25,2
1981	35,8	10,3	39,0	35,6	12,9	9,80	8,94	7,07	5,79	48,1	43,0	22,3	23,2
1982	80,8	18,6	20,1	18,5	12,5	10,40	9,97	8,90	7,54	8,79	7,69	9,77	17,8
1983	21,6	15,7	13,4	10,4	6,87	7,14	5,74	5,47	4,87	4,97	12,0	19,1	10,6
1984	7,54	4,51	8,99	5,38	3,30	2,99	2,83	2,63	3,10	2,46	8,38	19,7	5,98
1985	43,8	11,9	8,74	6,35	4,35	3,85	3,59	3,27	2,75	4,15	4,33	18,8	9,66
1986	13,8	7,43	4,92	3,17	2,68	3,08	3,04	2,37	2,12	3,39	3,80	4,50	4,52
1987	7,14	1,91	3,79	2,45	2,00	1,53	1,32	1,04	1,04	0,990	2,55	9,48	2,94
1988	8,69	8,19	12,30	3,49	1,34	1,04	1,00	0,886	0,710	0,888	1,16	9,59	4,11
1989	1,08	1,00	3,05	0,890	0,775	0,660	0,650	0,640	0,768	0,880	1,92	22,0	2,86
1990	6,21	8,32	5,37	2,85	3,38	1,66	1,58	1,64	1,58	3,05	4,7	5,59	3,83
1991	7,66	7,71	6,29	4,2	3,04	2,57	2,28	2,11	2,15	2,51	6,99	7,11	4,55
1992	27,0	24,1	6,22	2,54	2,04	1,83	1,75	1,59	1,45	1,65	5,25	24,3	8,31
1993	9,00	6,26	1,94	2,07	2,25	1,96	1,84	1,69	1,31	2,10	1,18	7,33	3,24
1994	8,15	1,72	12,8	12,5	3,29	2,23	1,75	1,22	0,640	1,22	3,89	3,54	4,42
1995	3,68	5,71	4,43	2,56	1,63	0,925	0,710	0,576	0,530	2,69	5,18	37,0	5,47
1996	12,0	3,48	1,33	1,20	0,980	0,690	0,605	0,480	0,480	0,480	17,2	10,1	4,09
1997	9,22	3,66	16,7	8,25	3,27	2,24	1,68	1,50	1,13	0,760	6,81	20,5	6,31
1998	3,01	3,28	0,94	0,410	0,35	0,73	0,280	0,243	0,180	0,750	7,85	19,6	3,14
1999	5,49	2,25	5,01	0,790	2,72	0,380	0,430	0,387	0,270	0,200	10,5	30,1	4,87
2000	18,5	5,44	5,02	1,19	0,670	0,47	0,420	0,360	0,340	0,43	5,02	31,7	5,80
2001	5,62	1,25	3,23	1,06	0,920	0,66	0,46	0,300	0,710	8,25	1,75	7,89	2,68
2002	21,5	8,28	2,11	0,880	0,54	0,61	0,620	0,477	0,580	0,516	2,61	27,1	5,49
2003	42,4	4,94	2,65	1,04	0,96	0,85	0,660	0,65	1,23	0,510	2,02	2,48	5,03
2004	18,6	22,8	46,9	31,8	6,57	4,2	3,34	2,22	1,32	3,35	2,23	9,17	12,7

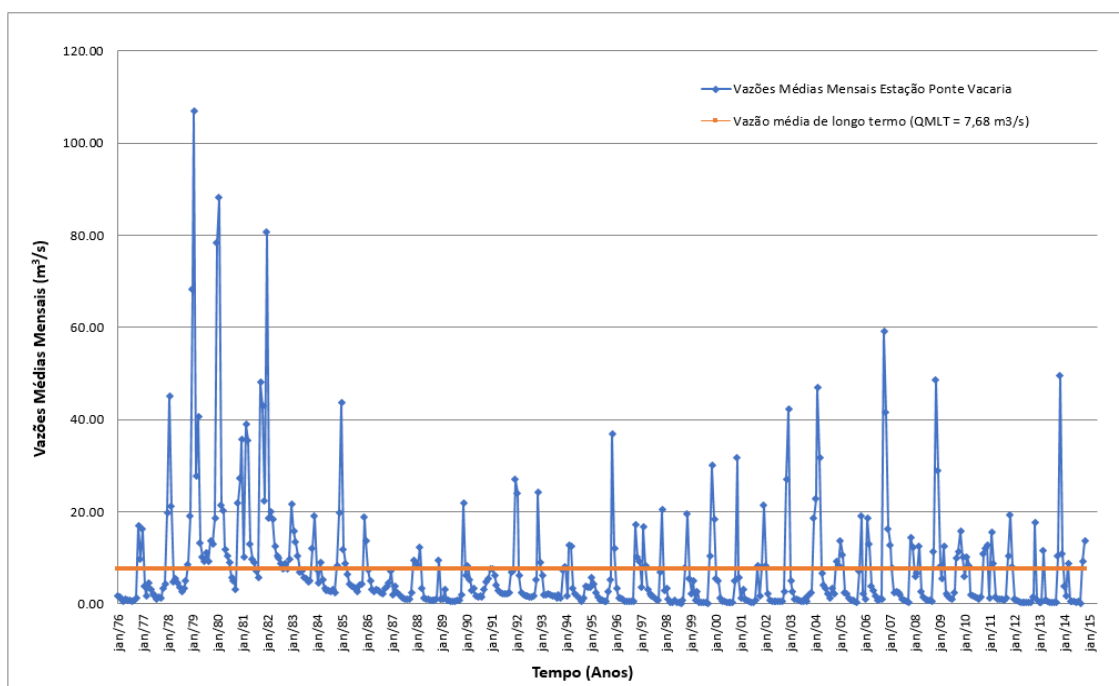
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	MÉDIA
2005	8,43	13,6	10,7	2,45	2,16	1,35	0,709	0,775	0,630	0,438	7,25	19,2	5,64
2006	2,26	1,02	18,7	13,0	3,92	2,84	1,84	0,835	0,950	1,11	59,1	41,5	12,3
2007	16,3	12,8	7,83	2,55	2,73	2,52	2,04	1,11	0,742	0,520	0,460	14,5	5,34
2008	12,4	6,08	6,58	12,6	2,61	1,56	1,01	0,810	0,750	0,540	11,4	48,7	8,75
2009	28,9	8,11	5,39	12,5	2,19	1,73	1,21	0,955	2,52	9,87	11,4	15,8	8,39
2010	10,1	5,86	10,2	8,42	2,00	1,67	1,49	1,21	0,986	1,49	11,0	12,0	5,54
2011	12,7	1,26	15,6	8,85	1,51	1,08	1,05	1,05	0,874	1,29	10,5	19,4	6,27
2012	8,12	0,980	0,909	0,657	0,320	0,339	0,318	0,288	0,246	0,335	1,41	17,8	2,64
2013	0,778	0,380	0,310	11,5	0,780	0,501	0,340	0,400	0,326	0,250	10,39	49,6	6,30
2014	11,0	3,79	1,80	8,82	0,574	0,607	0,470	0,429	0,669	0,170	9,15	13,7	4,26
Média	18,3	12,5	9,90	8,00	3,40	2,69	2,32	1,97	1,83	3,68	9,35	18,2	7,68
Máximo	80,8	107	46,9	40,7	13,2	10,4	10,0	11,2	9,2	48,1	59,1	49,6	107
Mínimo	0,778	0,380	0,310	0,410	0,320	0,339	0,280	0,243	0,180	0,170	0,460	2,48	0,170

Fonte: DAM, 2015.

Com a nova serie consistida de forma mais conservadora, a MLT passou para 7,68 m³/s, uma diminuição de apenas 3,76%, em decorrência de que as variações observadas ocorreram na parte baixa da curva chave.

Assim, verifica-se pelo hidrograma mensal apresentado na Figura 4.1.2-23 que, nos últimos 40 anos na bacia do rio Vacaria, com exceção do período 1978-1981, quando choveu bastante em todo o Estado de Minas Gerais e, também, na bacia do rio Vacaria, não houve qualquer variação digna de realce no restante do período, nem antes, nem depois.

FIGURA 4.1.2-23 - Hidrograma de vazões médias mensais



Fonte: DAM, 2015.

Previsão do assoreamento do reservatório

Um reservatório constitui um bom meio de retenção de sedimentos em virtude da modificação do regime de escoamento. A redução da velocidade pode ocasionar a deposição de material em suspensão e do material arrastado no fundo do rio. A eficiência de retenção é o indicador do volume de sedimentos que fica retido no reservatório, em virtude da modificação do comportamento do fluxo de água.

Para avaliar a carga sólida afluyente ao local, utilizou-se a equação preditiva “EUPS”, publicação 174 da IAHS/AISH, “Sediment Budgets”. A equação calcula o transporte sólido de longo termo em m^3 / km^2 ano, utilizando a erosividade regional, a erodibilidade do solo, o comprimento de rampa, a declividade média da bacia, e variáveis relativas as práticas de cultivo e manejo e práticas conservacionistas (efeitos de retenções naturais ou artificiais) na bacia.

O aporte de sedimentos estimado pelo projetista (DAM Projetos de Engenharia) corresponde a 43.892 ton/ano. Assim, haverá assoreamento, aproximadamente, até a cota da abertura mínima da tomada d’água, o que deve ocorrer por volta do 25º ano de vida útil do reservatório.

Determinação do fluxo residual mínimo de restituição a jusante

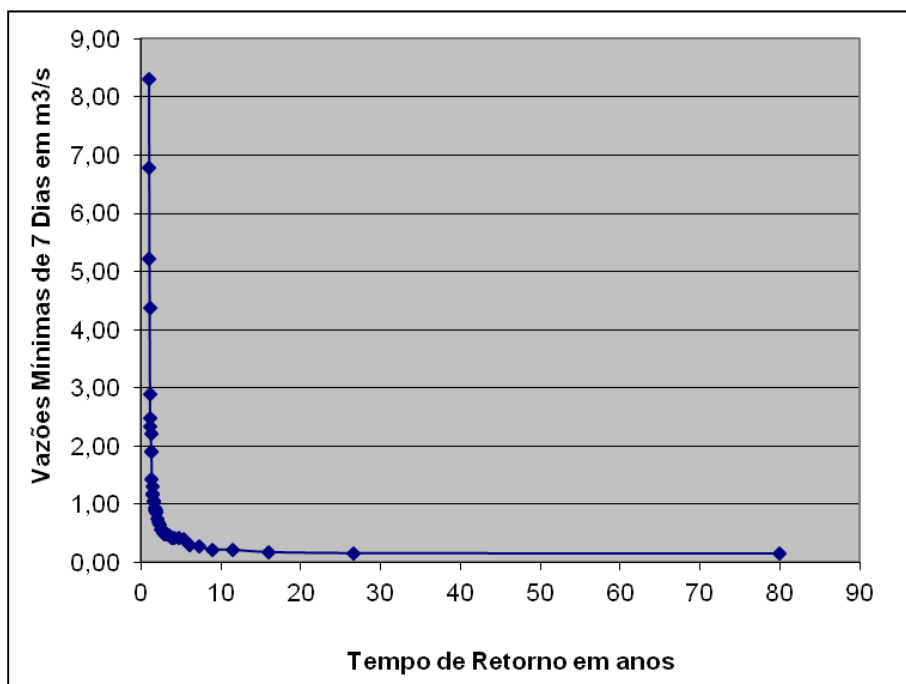
Para efeito de fluxo residual mínimo a jusante da barragem, conforme a legislação se adota uma vazão sanitária equivalente a 50% da $Q_{7,10}$ (vazão de duração de 7 dias e 10 anos de tempo de retorno). Para sua determinação, faz-se a análise de frequência das vazões mínimas de 7 dias, a partir dos dados da série histórica da ANA, apresentados a seguir.

QUADRO 4.1.2-22 - Frequência de vazões mínimas de 7 dias versus tempo de retorno

Ano	Q_7 (m^3/s)	Q_{30} (m^3/s)	Ano	TR (anos)	Q_7 (m^3/s)
1975	1,161	1,29	1	80,00	0,153
1976	0,504	0,560	2	26,67	0,162
1977	1,035	1,150	3	16,00	0,18
1978	2,331	2,590	4	11,43	0,2214
1979	8,298	9,220	5	8,89	0,225
1980	2,889	3,210	6	7,27	0,27
1981	5,211	5,790	7	6,15	0,306
1982	6,786	7,540	8	5,33	0,3942
1983	4,383	4,870	9	4,71	0,414
1984	2,214	2,460	10	4,21	0,4293
1985	2,475	2,750	11	3,81	0,432
1986	1,908	2,120	12	3,48	0,459
1987	0,891	0,990	13	3,20	0,477
1988	0,639	0,710	14	2,96	0,486
1989	0,576	0,640	15	2,76	0,504
1990	1,422	1,580	16	2,58	0,576

Ano	Q ₇ (m³/s)	Q ₃₀ (m³/s)	Ano	TR (anos)	Q ₇ (m³/s)
1991	1,899	2,110	17	2,42	0,576
1992	1,305	1,450	18	2,29	0,639
1993	1,062	1,180	19	2,16	0,684
1994	0,576	0,640	20	2,05	0,7515
1995	0,477	0,530	21	1,95	0,8595
1996	0,432	0,480	22	1,86	0,8874
1997	0,684	0,760	23	1,78	0,891
1998	0,162	0,180	24	1,70	0,945
1999	0,180	0,200	25	1,63	1,035
2000	0,306	0,340	26	1,57	1,062
2001	0,270	0,300	27	1,51	1,161
2002	0,429	0,477	28	1,45	1,188
2003	0,459	0,510	29	1,40	1,305
2004	1,188	1,320	30	1,36	1,422
2005	0,394	0,438	31	1,31	1,899
2006	0,752	0,835	32	1,27	1,908
2007	0,414	0,460	33	1,23	2,214
2008	0,486	0,540	34	1,19	2,331
2009	0,860	0,955	35	1,16	2,475
2010	0,887	0,986	36	1,13	2,889
2011	0,945	1,050	37	1,10	4,383
2012	0,221	0,246	38	1,07	5,211
2013	0,225	0,250	39	1,04	6,786
2014	0,153	0,170	40	1,01	8,298

Fonte: DAM, 2015.

FIGURA 4.1.2-24 - Frequência de vazões mínimas de 7 dias versus tempo de retorno

Fonte: DAM, 2015.

Da análise das informações supra, tem-se que vazão $Q_{7,10}$ é igual a 0,223 m³/s. Assim, o fluxo residual mínimo, conforme legislação vigente, é de 50% da $Q_{7,10}$, ou seja, 0,112 m³/s que equivale a 401 m³/h.

Ressalta-se que essa vazão foi definida a partir dos requisitos mínimos legais. Entretanto, uma vez que as captações para atendimento das demandas da SAM e do Governo serão realizadas a jusante do barramento, toda a vazão regularizada pelo reservatório deverá ser restituída por meio da torre de tomada de água composta por comportas.

Assim, a vazão mínima residual será a vazão máxima regularizada pelo reservatório da barragem subtraída das demandas anuais previstas durante os 18 anos de operação do empreendimento, havendo variações que vão de 1.600 m³/h (cerca de 4 vezes superior ao limite mínimo legal) na fase de enchimento do reservatório a 2.140 m³/h na fase de operação plena do Projeto Bloco 8 (onde há captação nominal para a SAM e para o Governo do Estado de Minas Gerais).

Estruturas hidráulicas

As estruturas de desvio foram dimensionadas, considerando os picos de cheia mensais do rio Vacaria, levando em conta os efeitos de amortecimento e considerando um risco de inundação igual ou inferior a 4%.

O vertedouro da barragem foi dimensionado para a cheia decamilenar, amortecida pelo reservatório, a partir do NA máximo normal, considerando a condição de desativação ao final da vida útil.

Os estudos hidráulicos foram desenvolvidos, basicamente, de acordo com os métodos e critérios recomendados pelo *Corps of Engineers* e/ou *Bureau of Reclamation*. Tais estudos tiveram como base as vazões obtidas nos estudos hidrológicos.

A partir da definição da cheia de projeto foram desenvolvidos os estudos de amortecimento para o dimensionamento do extravasor e os estudos para determinação da dissipação de energia.

Para captação de água e manutenção do fluxo residual a jusante, foi projetada uma tomada d'água, junto à ombreira direita, associada a uma galeria de 3,00 m x 4,00 m e uma tubulação de aço de 1,00 m de diâmetro, apoiada em blocos de concreto armado. A galeria será utilizada para desvio do rio durante a construção e a tubulação para adução e descarga de fundo durante a operação. A tomada d'água será dotada de aberturas com comportas, acionadas por monovia. A existência de comportas em diferentes níveis permite, além da interrupção do fluxo para inspeção e manutenção da estrutura em caso de emergência, também o controle da qualidade da água de captação e de restituição a jusante. Assim, essa estrutura funcionará como desvio durante a construção e como descarga de fundo durante a operação.

O vertedouro foi posicionado na ombreira esquerda, sendo constituído por um canal retangular escavado em rocha, posicionado na ombreira esquerda. A soleira do vertedouro foi fixada na El 634 m, com largura de 65 m e 4 m de lâmina d'água. No final do vertedouro, a dissipação será natural, feita com um trecho horizontal de 20 m de comprimento, com fundo plano na El 598,00 m, para recuperação do nível. O vertedouro foi dimensionado para uma vazão de 1341 m³/s, correspondente à cheia decamilenar, amortecida no reservatório para 884 m³/s.

Materiais de construção e áreas de empréstimo

Para os estudos de materiais de construção e áreas de empréstimos, a seguir são apresentados os quantitativos necessários. Detalhes como corte e aterro e melhor caracterização das áreas serão incorporadas na próxima etapa do projeto.

QUADRO 4.1.2-23 - Quantitativo de materiais de construção

Material de empréstimo	Unidade	Total
Solos	m ³	114.336
Enrocamento	m ³	337.312
Areia	m ³	14.247
Brita	m ³	14.247

Fonte: DAM, 2015.

O volume de material a ser retirado de cada uma das áreas, bem como o limite volumétrico e os eventuais cortes e aterros de cada uma, terão as informações incorporadas na futura etapa de projeto básico.

As áreas de empréstimos de areia, em princípio, se situarão na sua maioria dentro do futuro reservatório, enquanto que o empréstimo de solo argiloso se encontrará no alto da chapada, ao lado da estrada asfaltada. Em termos de pedreiras, as escavações exigidas do vertedouro da barragem do rio Vacaria deverão atender as necessidades da obra.

Estudos geológicos e geotécnicos do barramento

Os estudos geológicos foram desenvolvidos, visando o conhecimento das condições de fundação do local de cada obra. Para tanto foram executados o reconhecimento de campo e a análise dos dados básicos existentes sobre a geologia da região, tais como fotografias aéreas, mapas, textos geológicos, etc.

Os trabalhos de campo desenvolvidos visaram:

- Reconhecimento preliminar para elaboração de plano de investigações;
- Mapeamento das áreas de fundação de cada estrutura;
- Pesquisa de jazidas de materiais de construção;
- Reconhecimento geológico da área do reservatório.

Após a fase de campo, os dados obtidos foram tratados em escritório, com a confecção dos mapas e seções pelos eixos das estruturas

Propriedades geotécnicas dos materiais dos maciços e das fundações

Os parâmetros de resistência utilizados para os materiais do aterro e da fundação foram estimados com base na experiência da empresa com materiais de características semelhantes aos de projeto. Os valores adotados encontram-se apresentados a seguir.

QUADRO 4.1.2-24 - Parâmetros de resistência dos materiais

Material	Peso específico saturado (kN/m ³)	Parâmetros de Resistência	
		Coesão do solo (kN/m ²)	Ângulo de atrito interno (°)
Aterro argilo-siltoso	20	10	30
Enrocamento	24	0	40
Fundação (rocha sã com boa qualidade)	26	395	38

Fonte: DAM, 2015.

Na fase seguinte de projeto básico, os parâmetros de resistência ao cisalhamento, compressibilidade, permeabilidade, peso específico e colapsibilidade serão determinados, através de ensaios geotécnicos de campo e ensaios geotécnicos de laboratório.

Estabilidade ao escorregamento

Para garantir a estabilidade ao escorregamento dos taludes das estruturas de enrocamento e núcleo de argila, foram admitidos os seguintes critérios:

- os taludes de montante das barragens estáveis para as condições de término de construção, percolação estável e rebaixamento rápido
- os taludes de jusante das barragens estáveis para as condições de término de construção e percolação estável

- efeitos sísmicos não foram considerados por não condicionarem a estabilidade
- foram considerados estáveis os taludes com coeficientes de segurança mínimos superiores aos valores conforme apresentados a seguir.

QUADRO 4.1.2-25 - Coeficientes de segurança mínimos para análise de estabilidade

Tipo de estrutura	Caso	Coeficiente de Segurança Mínimo (C.S. exigido)
Barragem	Término de construção	1,30
	Percolação estável	1,50

Fonte: DAM, 2015.

Estabilidade dos maciços à erosão interna regressiva

Para garantir a estabilidade da barragem à erosão interna regressiva (*pipping*) foram considerados os seguintes critérios:

- evitar o aparecimento de fissuras no núcleo da barragem, limitando as deformações específicas de tração no núcleo em 0,2%;
- evitar o fraturamento hidráulico no núcleo da barragem, o que exige que a pressão total menor (σ_3) somada à resistência à tração do solo (t_s) em qualquer ponto do núcleo seja superior à pressão piezométrica naquele mesmo ponto.
- a posição e a geometria do sistema de drenagem interna de cada maciço foram definidas, tendo as funções de:
 - o controlar e orientar a percolação, através da fundação e do aterro, otimizando a rede de percolação e evitando gradientes hidráulicos de saída excessivos;
 - o aumentar a resistência ao escorregamento do talude de montante, dissipando pressões neutras durante o período construtivo e, eventualmente, no rebaixamento do nível d'água;
 - o aumentar a resistência ao escorregamento do talude de jusante, reduzindo o trecho da superfície de ruptura submetida a forças de percolação e o trecho de material saturado;
- drenos e transições foram projetados para funcionar como filtro e evitar carreamento de partículas e, conseqüentemente, erosões internas regressivas;
- dimensionar uma zona de material autocicatrizante a montante e uma zona de material de filtro a jusante do núcleo, nos locais potencialmente propícios ao aparecimento de trincas;
- dimensionar um tratamento adequado da fundação do núcleo.

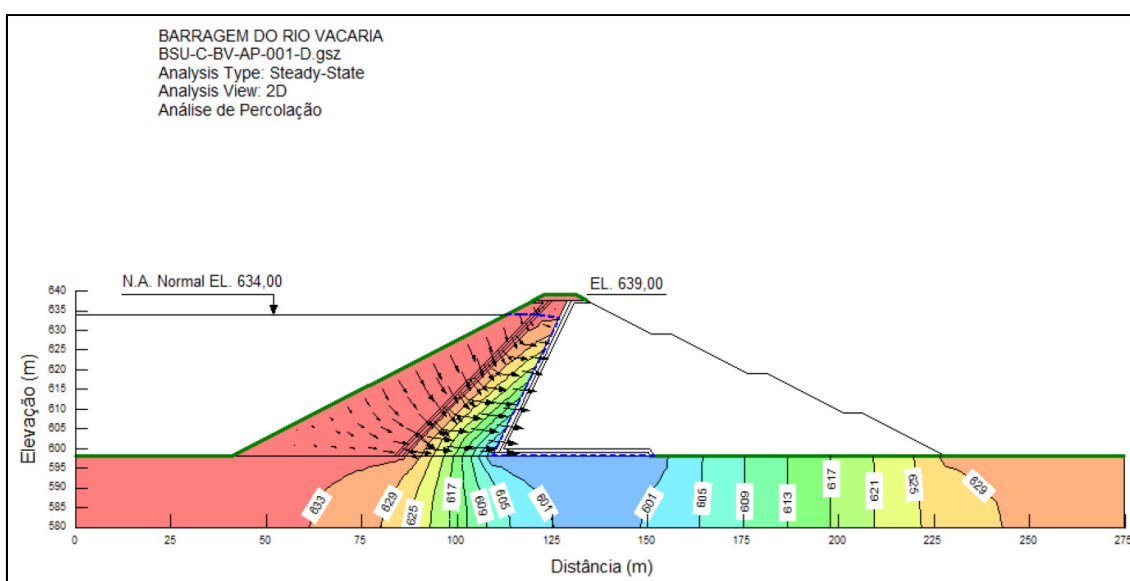
Subpressões de água

Neste item apresenta-se uma síntese das análises de percolação efetuadas para a barragem de água, realizadas para a seção de maior altura do maciço. As análises tiveram por objetivo determinar as subpressões de água no corpo do maciço e da fundação da barragem, para execução das análises de estabilidade e definição da inclinação dos taludes do aterro em enrocamento.

As subpressões de água no corpo do maciço e da fundação para a condição de percolação estável foram calculadas a partir das redes de fluxo traçadas pelo método dos elementos finitos, utilizando o programa SEEP/W apresentadas no item anterior. Os resultados foram incorporados na análise de estabilidade para a condição de regime permanente do maciço.

A rede de fluxo obtida com as linhas equipotenciais é apresentada na Figura 4.1.2-25. Os coeficientes de permeabilidade dos materiais da fundação e do aterro foram estimados, com base na experiência da empresa com materiais de características semelhantes aos existentes. Foram utilizados os seguintes valores: Material terroso argiloso $KH = KV = 1,0 \times 10^{-5}$ cm/s; Enrocamento $KH = KV = 1,0 \times 10$ cm/s; Fundação (rocha sã de boa qualidade) $KH = KV = 1,0 \times 10^{-9}$ cm/s.

FIGURA 4.1.2-25 - Linhas de fluxo do barramento



Fonte: DAM, 2015.

Condições de carregamento e análises de estabilidade

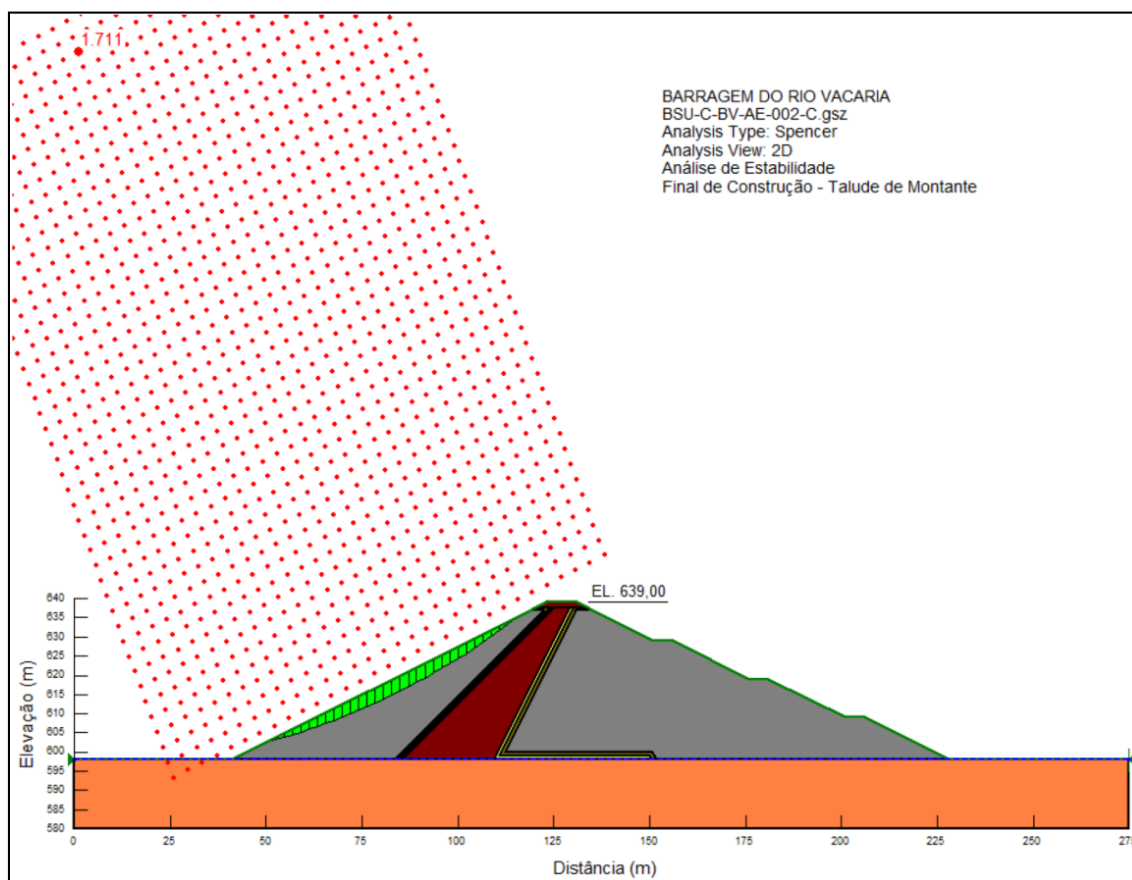
Foram analisadas as seguintes condições de carregamento:

- **Caso 1 - Término da Construção:** Este caso se relaciona com a estabilidade da estrutura, imediatamente após a construção. O carregamento, devido à água, não é considerado e é admitida a hipótese conservadora da construção instantânea da barragem. A implicação desta hipótese é que não ocorreu qualquer adensamento do aterro durante a construção. Também se admite que a ruptura associada a este caso seja rápida.
- **Caso 2 - Percolação Estável:** O caso de percolação estabilizada é representativo das condições de operação, na qual o nível do reservatório tenha permanecido numa dada elevação por um período de tempo relativamente longo. Neste caso, admite-se que a percolação tenha se tornado estabilizada e que o adensamento provocado pelo peso próprio do maciço já tenha ocorrido.

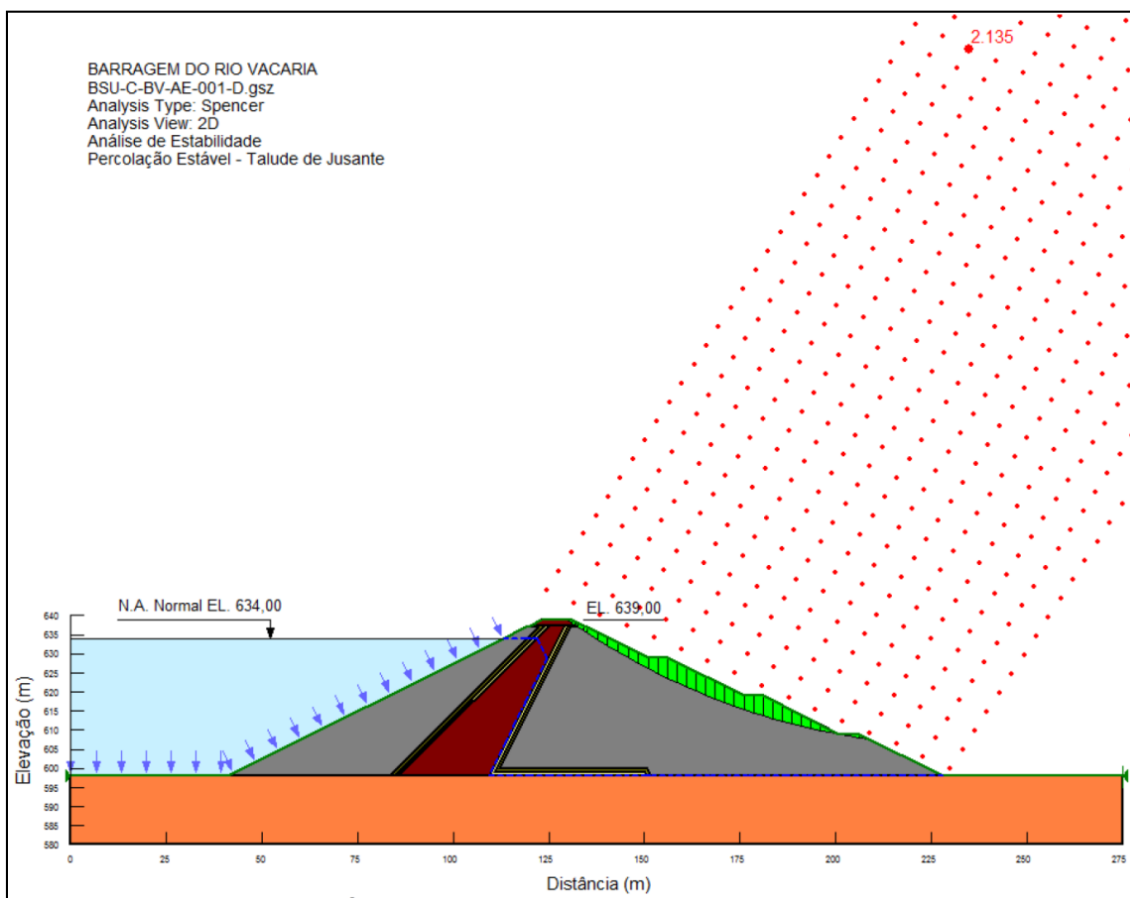
As análises de estabilidade ao escorregamento com NA Normal 634 metros foram realizadas por equilíbrio limite, utilizando o método de Spencer, através do software SLOPE/W, versão 7.10 desenvolvido pelo Geo-Slope International Ltd., em Calgary, Alberta, no Canadá. O método de Spencer satisfaz às condições de equilíbrio de forças e de momentos e admite que as forças entre lamelas possuem a mesma direção.

Nas análises foram verificadas superfícies de ruptura de forma circular, procurando cercar todas aquelas prováveis de ruptura. O resultado das simulações dos casos 1 e 2 estão expostos nas Figuras 4.1.2-26 e 4.1.2-27, respectivamente.

FIGURA 4.1.2-26 - Análise de Estabilidade Final de Construção - Caso 1



Fonte: DAM, 2015.

FIGURA 4.1.2-27 - Análise de Estabilidade Percolação Estável - Caso 2

Fonte: DAM, 2015.

A seguir é apresentado um resumo dos casos analisados e dos coeficientes de segurança encontrados.

QUADRO 4.1.2-26 - Resultados das análises de estabilidade

Caso	Seção	Condição de Carregamento	Talude	C.S. Encontrado	C.S. Exigido	Condição de estabilidade (C.S.Encontrado < C.S.Exigido)
1	Maior altura cota 639 m	Final de Construção	Montante	1,711	1,30	Ok
2		Percolação Estável	Jusante	2,135	1,50	Ok

Fonte: DAM, 2015.

De acordo com os resultados das análises de estabilidade, conclui-se que os taludes adotados para a barragem de água são adequados, com coeficientes de segurança dentro dos limites recomendados, podendo, ainda, serem otimizados na fase de projeto básico.

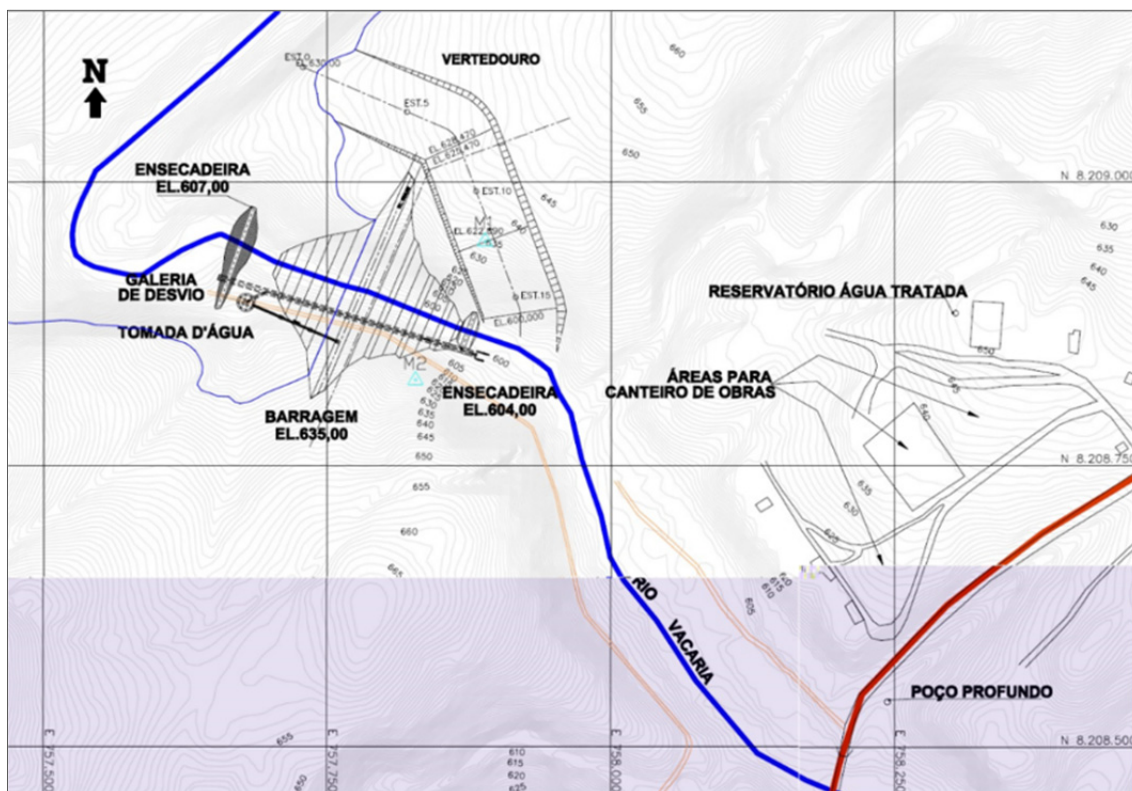
Vale ressaltar que o vertedouro foi dimensionado para uma vazão de projeto de 884 m³/s, correspondente à cheia TR 1000 anos, amortecida no reservatório até a EL.637,60 m. Em caso de emergência é capaz de extravasar 1.040 m³/s, correspondente à cheia decamilar afluente de 1.341 m³/s, amortecida no reservatório até a EL.638,00 m, sendo o coroamento da barragem na EL.639,00 m, ficando, pois, com 1m de borda livre.

Layout

A Figura 4.1.2-28 apresenta o *layout* da implantação do empreendimento, evidenciando, em relação ao rio Vacaria (linha em azul) e a estrada (linha em vermelho), as seguintes estruturas:

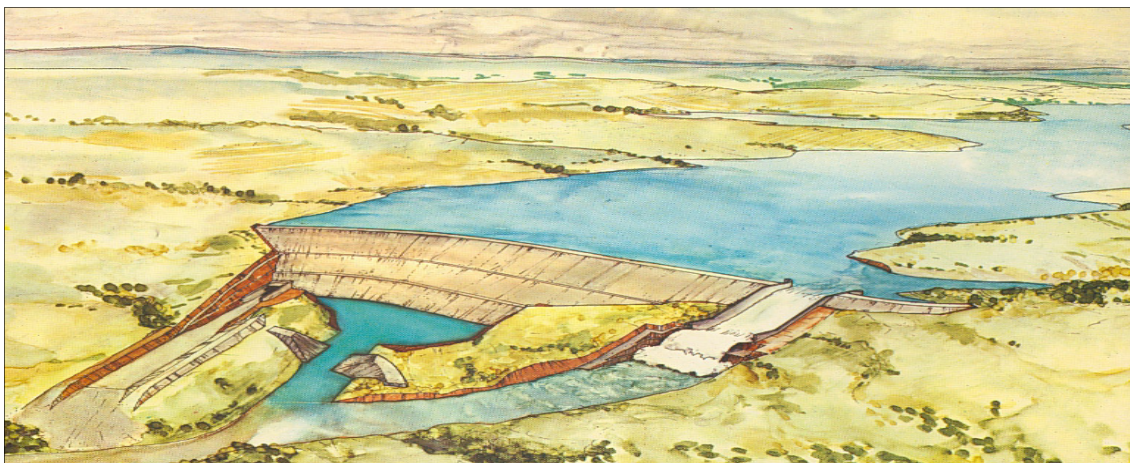
- barramento;
- vertedouro;
- ensecadeiras de jusante e montante;
- galeria de desvio;
- área do canteiro de obras.

FIGURA 4.1.2-28 - Layout da implantação do empreendimento



Fonte: DAM, 2015.

A Figura 4.1.2-29 apresenta um desenho ilustrativo e didático com o *layout* de uma estrutura de barramento, já na fase operacional, semelhante àquela que será feita no leito do rio Vacaria.

FIGURA 4.1.2-29 - Croqui Ilustrativo da Barragem do Rio Vacaria

Fonte: DAM, 2015.

4.1.2.8 - Adutora de Irapé e Adutora da Barragem do Rio Vacaria

A SAM possui outorga de captação no reservatório da barragem da UHE Irapé sendo essa, portanto, uma das alternativas de suprimento das demandas hídricas do Projeto Bloco 8. Dessa forma, integra o empreendimento a adutora de Irapé, com aproximadamente 58km de extensão.

O traçado ideal foi definido conforme os critérios básicos admitidos para o projeto, destacando-se aspectos de engenharia, como menor movimentação de terra e menor distância de caminhamento entre as coordenadas fornecidas, o cumprimento da legislação ambiental, a minimização dos impactos ambientais e, especialmente, evitando-se, sempre que possível, as interferências em áreas de preservação permanente (APPs) e de vegetação nativa.

As principais interferências da adutora com os recursos naturais serão os cursos de água a serem atravessados, ressaltando-se, porém, que não há nenhum rio ou córrego de grande porte na região de implantação do duto, além disso, a adutora não impactará nenhuma área de cavernas.

Outros cruzamentos relevantes estarão presentes na faixa de servidão de uma linha de transmissão e na rodovia federal BR-251.

Em relação à adutora da barragem do rio Vacaria esta terá aproximadamente, 24,4 km de extensão. A definição de sua rota também seguiu critérios com vistas ao menor impacto ambiental possível tendo sido alvo de mapeamento geológico e sondagem a trado, desenvolvido também para minimizar o impacto ambiental e a interferência em áreas de preservação permanente. Nesse sentido, a adutora não intercepta corpos d'água ou traz interferências em áreas de cavidades.

4.1.2.9 - Linha de Transmissão

O estudo do traçado da Linha de Transmissão (LT) é normalmente dividido em três etapas.

- Primeira etapa: consiste em estudos e serviços inicialmente realizados em escritório e complementados por visita à área de implantação da LT. Os estudos de escritório são efetuados com base em documentos e informações disponíveis da região de implantação da linha de transmissão, como documentos do Projeto Bloco 8 (SAM) e imagens do *Google Earth*. O traçado definido desta forma é caracterizado como preliminar, devendo ser ajustado na fase de implantação, utilizando-se técnicas e recursos de geoprocessamento de dados e de topografia. No serviço de campo é verificada a viabilidade da implantação do traçado estudado. Nesta fase levantam-se interferências existentes ao longo do caminhamento, como edificações, estradas, matas de preservação aparentes, etc.;
- Segunda etapa: consiste no embandeiramento do traçado, materializando no campo os estudos feitos na primeira fase. Nessa etapa são feitos os ajustes necessários para o melhor posicionamento do caminhamento da alternativa adotada. São colocadas bandeiras em todos os vértices e em pontos de interesse, como travessias de estradas e rios;
- Terceira etapa, ou implantação do traçado: consiste na materialização do eixo da diretriz embandeirada, através da cravação de marcos de concreto e medição eletrônica de ângulos, distâncias e diferenças de nível entre os marcos implantados.

A seleção do melhor traçado para se implantar a linha de transmissão mereceu cuidadosos estudos, nos quais foram levados em conta aspectos técnicos de montagem, facilidade de manutenção, econômicos e socioambientais.

Inicialmente, foi efetuado um levantamento de dados, consistindo na pesquisa de documentos e informações disponíveis da região de implantação da LT. De posse da documentação obtida, procedeu-se à definição da rota mais adequada para estabelecimento da diretriz básica da LT. De uma maneira simplificada, pode-se dizer que o melhor traçado é aquele que possui uma melhor facilidade construtiva, evitando-se as áreas com restrições. Assim sendo, para estabelecimento do traçado preliminar da LT, foi dada ênfase aos seguintes aspectos:

- procurou-se um traçado que possuisse boas condições de acesso, aproveitando onde possível o corredor da adutora, já estudada para fins de licenciamento ambiental;
- as edificações nas proximidades da LT deverão estar fora da faixa de servidão. Buscou-se minimizar a interferência com as benfeitorias existentes ao longo do seu caminhamento, aproximando-o das divisas e atravessando áreas menos nobres das propriedades, evitando-se aproximação com edificações e sedes de fazendas;
- procurou-se um traçado que causasse a menor interferência possível com fragmentos de matas existentes, áreas de preservação permanente e/ou destinadas a reservas legais.

Define-se como o eixo de uma LT uma poligonal que interliga as subestações limitadoras da linha. Os pontos de deflexão da poligonal são chamados de vértices e cada lado da poligonal compreendido entre dois vértices é chamado de tangente. Entre os vértices ficam posicionadas as estruturas de sustentação dos cabos (torres). A distância entre as torres é de aproximadamente 450 metros, podendo variar em função das limitações da topografia (aclives e declives), restrições de ordem técnica (obstáculos previstos em norma) e a recomendação para limitar impactos sobre matas de galeria e cursos d'água, fatores que induzem ao reposicionamento das torres.

4.1.3 - Plano Diretor do Empreendimento

O Plano Diretor do Projeto Bloco 8 é apresentado no Anexo 2, assim como desenhos de arranjos gerais e fluxogramas de processo.

As principais instalações e estruturas que integram o Plano Diretor estão apresentadas nos Quadros 4.1.3-1 (operação do projeto) e 4.1.3-2 (implantação do projeto), com suas principais características e ilustradas nas Figuras 4.1.3-1 e 4.1.3-2.

QUADRO 4.1.3-1 - Principais Características das Instalações e Estruturas - Operação do Projeto

Instalação/Estrutura	Principais Características
Cava	- Lavra a céu aberto de minério de ferro; - Área de exploração: 958,7 ha (9.587.130,7 m²); - Produção: 120.000.000 t/ano; - Reserva calculada: 1.978.400.000 t de minério a 19,57% de ferro, 248.900.000 t de estéril e 220.900.000 t de material de baixo teor de ferro; - Altura de bancada: 15 m (cava final); - Berma mínima: 7 m (cava final); - Ângulo de face máximo: 63° (cava final); - Ângulo de inclinação geral máximo: 46,4° (cava final); - Profundidade máxima: 225 m com 15 bancadas na porção leste.
Fábrica de explosivos	- Capacidade instalada: 10,2 t/h; - Área: 1.000 m².
Paio de explosivos	- Área: 100 m².
Usina de Tratamento de Minério (UTM)	- Capacidade instalada de alimentação: 120.000.000 t/ano; - Rota de processamento: Britagens e moagem; Classificação; Pré-concentração magnética de grossos; Deslamagem de finos; Pré-concentração magnética de finos; Pré-concentração magnética <i>scavenger</i>; Remoagem de grossos; Remoagem de finos; Flotação de grossos; Flotação de finos; Manuseio de rejeitos; Espessamento de lamas; Espessamento de concentrados; - Produção anual de <i>pellet feed</i> pretendida: 27.500.000 t/ano.
Barragem de rejeitos 1	- Área de Espelho D'água: 2.161.192 m² (Final); - Volume do Reservatório - Até a cota da soleira: 869.176.106 m³ (Final); - Volume do Reservatório - Até a cota da crista: 927.474.822 m³ (Final); - Elevação da Crista: 935 m (Final); - Elevação da Base: 770 m (Final); - Classificação Portaria DNPM 70.389/2017: Classe B - Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Alto; - Instrumentos de Monitoramento: 63 piezômetros Casagrande (níveis de subpressões ao longo da fundação); 18 Piezômetros elétricos (poropressões no desenvolvimento da barragem); 65 indicadores de nível d'água - INA (nível da freática estabelecida no interior do maciço); 67 marcos superficiais (recalques e deslocamentos do maciço).

Instalação/Estrutura	Principais Características
Barragem de rejeitos 2	- Área de Espelho D'água: 5.459.582 m² (Final); - Volume do Reservatório - Até a cota da soleira: 221.577.298 m³ (Final); - Volume do Reservatório - Até a cota da crista: 232.721.245 m³ (Final); - Elevação da Crista: 915 m (Final); - Elevação da Base: 782 m (Final); - Classificação Portaria DNPM 70.389/2017: Classe B - Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Alto; - Instrumentos de Monitoramento: 32 piezômetros Casagrande (níveis de subpressões ao longo da fundação); 31 indicadores de nível d'água - INA (nível da freática estabelecida no interior do maciço); 34 marcos superficiais (recalques e deslocamentos do maciço).
Backfill	- Área de Ocupação: 2.008.858 m²; - Volume total de Disposição de Estéril: 125.000.000 m³; - Volume Total do Reservatório: 19.460.000 m³; - Área de Espelho D'água: 428.930,04 m²; - Elevação da Crista: 865,00 m; - Elevação da Base: 642,50 m; - Altura Máxima: 225,50 m; - 18 piezômetros Casagrande (níveis de sub-pressões ao longo da fundação); 27 indicadores de nível d'água - INA (nível da freática estabelecida no interior do maciço); 27 marcos superficiais (recalques e deslocamentos do maciço); 02 medidores de vazão (vazão percolada e posição dos níveis freáticos).
Barragem Industrial	- Volume Total do Reservatório: 19.322.109 m³; - Área de Espelho D'água: 783.387 m²; - Elevação da Crista: 860,00 m; - Elevação da Base: 777,00 m; - Altura Máxima: 83,00 m; - Classificação Portaria DNPM 70.389/2017: Classe C - Categoria de Risco Baixo e Dano Potencial Associado Médio. - Instrumentos de Monitoramento: 08 piezômetros (níveis de sub-pressões ao longo da fundação); 08 indicadores de nível d'água - INA (nível da freática estabelecida no interior do maciço); 08 marcos superficiais (recalques e deslocamentos do maciço).

Instalação/Estrutura	Principais Características
Barragem do Vale	- Área de Espelho D'água: 86.549,87 m² (8,65 ha) - Volume do Reservatório: 1.640.000,00 m³
Barragem do rio Vacaria	- Área de Inundação: 7.580.000 m² (758 ha) - Capacidade de Acumulação: 80.775.000 m³
Adutora de Irapé	- Vazão de projeto: 6.200 m³/h; - Extensão: 58 km (entre o reservatório da Usina Hidrelétrica - UHE Irapé e o Projeto Bloco 8); - Tubulação de aço carbono com 44 polegadas de diâmetro (1.100 mm) e enterrada na maior parte do percurso; - Captação água bruta já outorgada (processo 02501.000084/2012-46) no reservatório da UHE Irapé (03 bombas de 2.067 m³/h operando e uma reserva).
Adutora do rio Vacaria	- Vazão: 6.200 m³/h; - Extensão: 24,4 km (entre a barragem do rio Vacaria e o Projeto Bloco 8); - Tubulação de aço carbono com 44 polegadas de diâmetro (1.100 mm) e enterrada na maior parte do percurso; - Captação água bruta na barragem do rio Vacaria.
Núcleo de Apoio Administrativo	- Portaria Social / Estacionamento para Visitantes e Funcionários: 7.000 m²; - Portaria de Carga / Balança / Estacionamento de Carretas: 6.480 m²; - Estacionamento de Ônibus da Administração (10 vagas): 1.735 m²; - Estacionamento de Veículos Leves (54 vagas): 2.385 m²; - Centro de Apoio ao Caminhoneiro: 700 m²; - Centro de Treinamento / Auditório: 325 m²; - Cozinha Central: 460 m²; - Refeitório Central: 370 m²; - Escritórios: 650 m²; - Área de Lazer Administração: 3.000 m²; - Vestiários: 4.000 m². - Ambulatório Principal: 150 m²; - Ambulatório da Mina: 1.065 m². - Almoxarifado Administrativo: 290 m²; - Heliponto: 625 m².

Instalação/Estrutura	Principais Características
Núcleo de Apoio Operacional	- Oficina de Calderaria: 920 m²; - Oficina de Veículos Pesados: 1.660 m²; - Posto de Abastecimento e Lavagem de Veículos Leves: 2.000 m² e 02 tanques aéreos, com capacidade de 15.000 L, sendo 01 de óleo diesel e o outro de gasolina; - Planta de Reagentes: 6.180 m²; - Refeitório da Mina: 390 m²; - Refeitório Planta I / Sala de Controle: 540 m²; - Refeitório Planta II: 320 m²; - Viveiro de Mudanças: 5.270 m²; - Escritório da Mina / Despacho de Carga / Auditório: 400 m²; - Área de Lazer Mina: 1.040 m²; - Oficina Central de Manutenção: 7.370 m²; - Vestiário Masculino / Feminino - Mina: 1.515 m²; - Brigada de Incêndio: 150 m². - Estocagem de Diesel: 04 tanques de 300 m³ (abastecimento dos equipamentos de lavra) e 02 tanques de 300 m³ (abastecimento dos geradores de emergência); - Galpão de Testemunhos: 675 m² em estrutura e cobertura metálica; - Almoxarifado: 3.160 m²; - Laboratório Físico Químico: 860 m²; - Sala de Controle: 385 m²; - Estacionamento de Ônibus da Mina: 630 m².
Subestações de Energia Elétrica	- 01 Subestação Principal - Área: 35.410 m²; - 07 Subestações Secundárias - 06 com Área 1.177 m² e 01 com Área de 1.352 m² (S.E. Apoio Operacional).
Estação de Tratamento de Água (ETA)	- Capacidade de 40 m³/h; - Área: 375 m².
Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE)	- ETE1 (Escritórios / Vestiário / Cozinha / Refeitório e Adjacências) - 600 pessoas (75 m³/dia / 3,2 m³/h) - Área: 160 m²; - ETE2 (Vestiário / Refeitório I da Usina e Adjacências) - 600 pessoas (75 m³/dia / 3,2 m³/h) - Área: 160 m²; - ETE3 (Refeitório II da Usina) - 600 pessoas (75 m³/dia / 3,2 m³/h) - Área: 160 m²; - ETE4 (Oficina / Vestiários e Escritórios da Mina e Adjacências) - 300 pessoas (37,5 m³/dia / 1,6 m³/h) - Área: 160 m².
Estação de Tratamento de Efluente Oleoso (ETEO)	- Capacidade de 10 m³/h. - Área: 300 m².
Central de Materiais Descartáveis (CMD)	- Área: 23.000 m² (2,3 ha); - 04 galpões de 450 m², área descoberta, balança, escritório de apoio e portaria/guarita.

Instalação/Estrutura	Principais Características
Linha de Transmissão de Energia Elétrica	- Traçado Irapé - Subestação Projeto Bloco 8 - Tensão de Operação: 345 kV - Comprimento: 67 km - Estruturas (Torres): Treliçadas, autoportantes e estaiadas, de circuito simples - Largura da Faixa de Segurança: 50 m

Fonte: SAM, 2018.

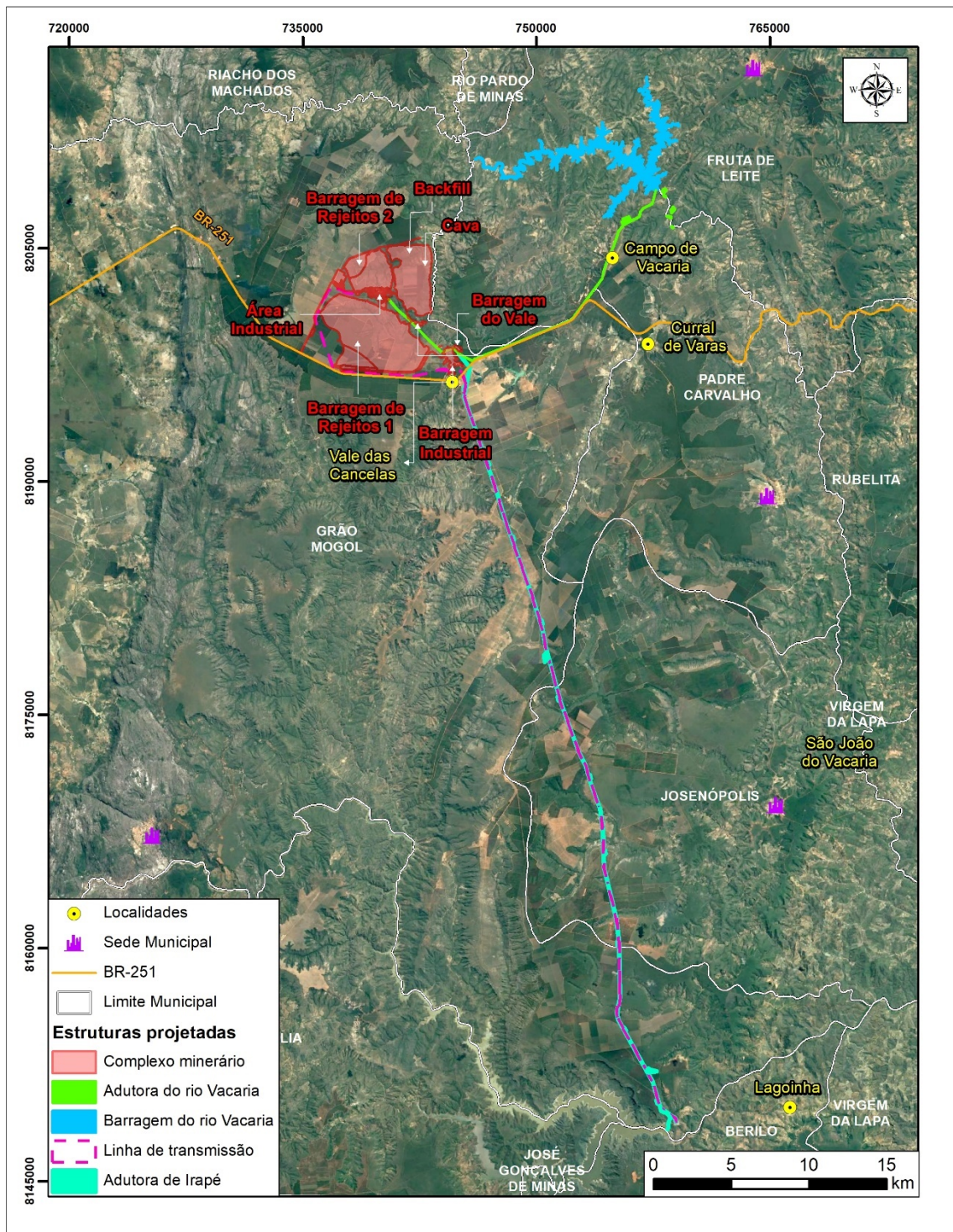
QUADRO 4.1.3-2 - Principais Características das Instalações e Estruturas - Implantação do Projeto

Instalação/Estrutura	Principais Características
Canteiros de Obras do Complexo Minerário	- Canteiro Civil 1: Área - 7.980 m² / 1.350 usuários; - Canteiro Civil 2: Área - 8.030 m² / 1.350 usuários; - Canteiro Montagem Eletromecânica 1: Área - 6.806 m² / 1.350 usuários; - Canteiro Montagem Eletromecânica 2: Área - 7.962 m² / 1.350 usuários; - Canteiro Terraplenagem: Área - 4.702 m² / 750 usuários.
Canteiro de Obras da Linha de Transmissão	- Área: 2.300 m ² / 80 usuários.
Canteiro de Obras Barragem do Vale	- Serão utilizados os canteiros de obras do Complexo Minerário.
Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria	- Área: 50.000 m ² / até 100 usuários.
Canteiro de Obras da Adutora de Vacaria	- Área: 102.300 m ² / até 50 usuários.
Canteiro de Obras da Adutora de Irapé	- Área: 216.600 m² / até 50 usuários - Área total de 216.600 m² em dois locais: 100.808 m² (no meio do traçado da adutora) e 115.781 m² (próxima ao Canteiro de Obras da Linha de Transmissão).
Alojamentos	- Área: 75.000 m²; - Capacidade: 800 pessoas (35% da mão de obra imigrante).
Planta de Produção de Agregados	- Capacidade: 100 t/h; - Área: 5.000 m².
Usina de Produção de Concreto	- Capacidade: 20 m³/h; - Área: 200 m².

Instalação/Estrutura	Principais Características
Áreas de Empréstimo e Disposição de Material Excedente (ADME)	- Jazida de areia: 86.880 m² (8,7 ha); - Jazida de quartzito: 60.000 m² (6,0 ha); - Jazida de solo argiloso e cascalho: 196.140 m² (19,6 ha); - ADME da adutora de Irapé: 250.000 m² (25 ha) - 10 áreas de 2,5 ha ao longo do traçado da adutora; - ADME 01 adutora do rio Vacaria: 8.000 m² (0,80 ha); - ADME 02 adutora do rio Vacaria: 5.100 m² (0,51 ha).
Estação de Tratamento de Água (ETA)	- Capacidade de 40 m³/h; - Área: 375 m².
Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)	- Capacidade de 32 m³/h (6.150 usuários no pico das obras); - Área: 1.620 m².
Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO)	- Capacidade de 10 m³/h; - Área: 300 m².
Central de Materiais Descartáveis (CMD)	- Área: 23.000 m² (2,3 ha); - 04 galpões de 450 m², área descoberta, balança, escritório de apoio e portaria/guarita.

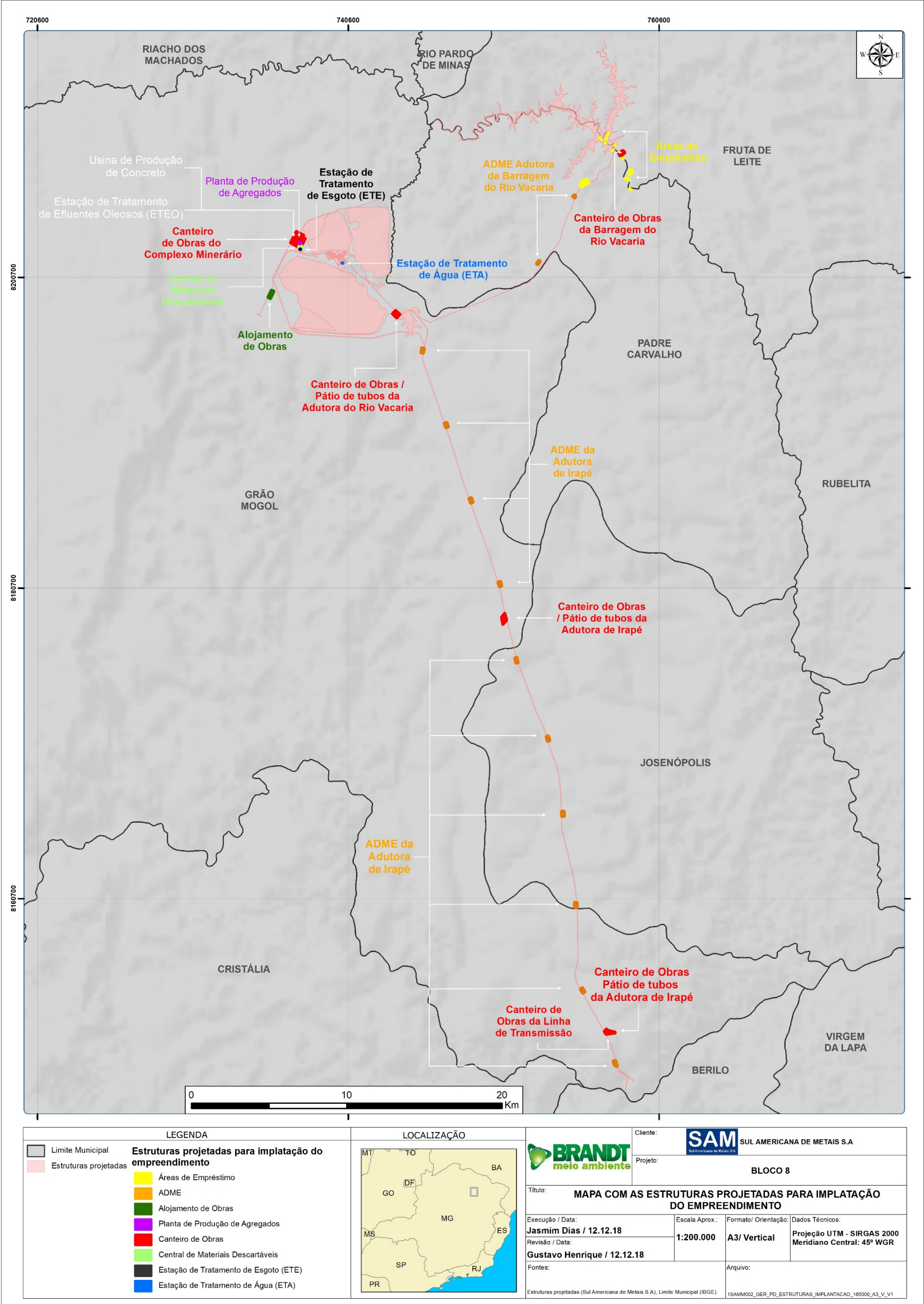
Fonte: SAM, 2018.

FIGURA 4.1.3-1 - Arranjo Geral Projeto Bloco 8 - Fase de Operação - Final do Ano 18 de Operação



Fonte: BRANDT, 2018.

FIGURA 4.1.3-2 - Arranjo Geral Projeto Bloco 8 - Fase de Implantação



Fonte: BRANDT, 2018

4.1.4 - Estudos de Viabilidade Técnica e Ambiental

Com o objetivo de consolidar a concepção do Plano Diretor do Projeto Bloco 8, assim como a sua viabilidade técnica e ambiental, a partir do entendimento do seu contexto locacional, a SAM desenvolveu um conjunto de estudos técnicos, os quais são listados a seguir:

- Balanço Hídrico Integrado (Estudos Hidrológicos e Manejo Hídrico Integrado);
- Modelo Hidrogeológico Conceitual;
- Modelo Numérico Hidrogeológico Conceitual;
- Caracterização da Potencialidade de Geração de Drenagens Ácidas;
- Estudo de Ruptura Hipotética das Barragens (*Dam Break*);
- Planos de Ação de Emergência;
- Estudo de Sismo Desencadeado por Detonação;
- Modelamento de Dispersão Atmosférica;
- Estudos de Prospeção Espeleológica;
- Estudos de Vibração;
- Estudos de Uso e Reuso do Rejeito;
- Estudo de Projeção Populacional em Condição de Fluxo Imigratório Associado ao Projeto.

A seguir são apresentadas as sínteses de cada um destes estudos. Os estudos completos estão anexados ao presente documento.

4.1.4.1 - Balanço Hídrico Integrado

Neste item são apresentadas informações sobre os estudos elaborados pela WALM Engenharia, em 2018, contendo premissas, diretrizes e conclusões acerca do manejo integrado de recursos hídricos vinculados ao Projeto Bloco 8. O documento elaborado pela WALM é apresentado no Anexo 6. O mesmo anexo apresenta, ainda, um Parecer Técnico relativo aos estudos de balanço hídrico e hidrogeológicos, elaborado pelos Professores Julian Cardoso Eleutério e Nilo de Oliveira Nascimento, do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Minas Gerais. Tal parecer, corrobora o estudo realizado pela WALM.

Os trabalhos consistiram na elaboração de estudos de balanço hídrico do empreendimento a partir da contextualização do uso da água, considerando as estruturas previstas no plano diretor, e das fontes de água nova necessárias para atendimento da demanda hídrica, em complemento à água recuperada do processamento do minério. Destaca-se que as análises foram abrangentes e consideraram também o provável incremento de população no entorno do Projeto Bloco 8, especialmente no distrito do Vale das Cancelas.

Adicionalmente, também foi elaborada especificação de monitoramento hidrométrico para o Projeto Bloco 8, envolvendo, inclusive, a implantação de sistema de controle automático de níveis para verificação da vazão mínima a jusante do empreendimento, conforme síntese apresentada no item 4.1.4.1.4. Tal especificação também é referenciada no presente EIA, no Capítulo 8 - Avaliação de Impacto Ambiental do Projeto Bloco 8.

4.1.4.1.1 - Fontes de Água Nova

A seguir são apresentadas as principais fontes de água passíveis de serem utilizadas no processo de beneficiamento e processamento do minério, na manutenção do fluxo residual a jusante do empreendimento e para o abastecimento da comunidade do Vale das Cancelas, situada na região de atuação do Projeto Bloco 8.

Em princípio, a captação de água nova para a fase de operação do Projeto Bloco 8 já está outorgada e pode ser feita junto ao reservatório da barragem da Usina Hidrelétrica - UHE Irapé. Porém, a SAM assinou um Protocolo de Intenções com o Governo do Estado de Minas Gerais e se comprometeu a construir duas novas barragens de água (no rio Vacaria e no córrego do Vale), as quais configuram alternativa para ampliar os níveis de segurança hídrica, local e regionalmente.

Para a fase de implantação o suprimento de água bruta considera a captação a fio d'água no córrego Lamarão.

4.1.4.1.1.1 - Reservatório da Barragem de Irapé

A SAM possui uma outorga para captação de 51.053.280 m³/ano ou 6.200 m³/h (considerando 94% de disponibilidade da planta) na represa de Irapé, localizada a aproximadamente 60 km da área do projeto.

Segundo a nota técnica 105/2012/GEOUT/SER-ANA (Fls. 78 e 79), elaborada pela Agência Nacional de Águas (ANA), para compor a análise técnica do processo de outorga no 02501.000084/2010-46, o limite máximo outorgável no reservatório da UHE de Irapé é de 18,0 m³/s (64.800 m³/h), sendo a captação da SAM correspondente a um comprometimento coletivo de apenas 9,9%, acarretando em um disponibilidade hídrica remanescente para futuros usuários superior a 58.000 m³/h.

A Outorga de Direito de Uso das Águas foi expedida pela Agência Nacional de Águas por meio da Resolução ANA no 72 de 19 de março de 2012.

4.1.4.1.1.2 - Barragem do Rio Vacaria

A barragem do rio Vacaria é um projeto que considera premissas básicas adotadas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), como localização e posicionamento do eixo do barramento. Porém, este projeto foi ampliado pela SAM, de modo a atender não somente ao Projeto Bloco 8, mas também a usos diversos, em especial para as comunidades de entorno, promovendo maior segurança hídrica ao empreendimento e o incremento na disponibilidade regional de água.

A barragem será localizada no leito rio Vacaria, no ponto de coordenadas E 757780 e N 8208904. A formação do reservatório se dará a partir das contribuições de toda a microbacia, totalizando 2.325 km².

De acordo com os estudos elaborados pela DAM Projetos de Engenharia, em 2013 e 2016, o reservatório da barragem do rio Vacaria possui volume útil de 80,775 Mm³.

O volume útil do reservatório desta barragem foi dimensionado para atender:

- a vazão a ser captada para a SAM de 6.200m³/h (valor compatível com a demanda mínima de água nova necessária ao empreendimento acrescido de um fator de 20%);
- a vazão de até 4.000 m³/h a ser disponibilizada para o Governo de Minas Gerais (usos múltiplos das populações locais);
- a manutenção da vazão mínima residual legal de 50% Q_{7,10} de 401 m³/h, conforme estudos hidrológicos apresentados.

Considerando riscos de falha, normalmente admitidos em projetos de barragem, o reservatório será capaz de regularizar as seguintes vazões:

- 11.264 m³/h (2,5% de risco de falha);
- 11.873 m³/h (com um risco de falha de 5%);
- 14.245 m³/h (10% de risco de falha).

Para verificar a capacidade de regularização do barramento, foram realizados estudos de balanço hídrico, considerando o enchimento do reservatório bienal.

A operação simulada do reservatório foi realizada a partir da aplicação da equação do balanço hídrico entre afluências e defluências médias mensais, a saber:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \{P_{DIRETA} + Q_{AFLUENTE}\} - [E_{REAL} + Q_{BOMBEADA} + Q_{INDUSTRIAL} + Q_{RESIDUAL} + Q_{VERTIDA}]$$

Onde:

$\frac{\Delta V}{\Delta t}$: corresponde à variação do volume no intervalo de tempo.

P_{DIRETA}: Precipitação total mensal sobre a superfície do espelho de água formado pelo reservatório. A série de precipitações utilizadas no estudo foi obtida a partir de dados consistidos de altura de chuva diária da Estação Grão Mogol, no período de 1976 a 2014 de maneira a coincidir com o mesmo período da série de vazões médias mensais utilizados, pertencente a Agência Nacional de Águas. Os dados de precipitação médios mensais estão apresentados a seguir.

QUADRO 4.1.4-1 - Totais mensais de precipitação (mm)

Valores (mm)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
162,56	99,19	136,62	45,38	13,62	5,29	5,64	5,51	16,34	90,56	209,6	226,62

Fonte: WALM, 2018.

Q_{AFLUENTE}: Vazão natural da bacia de contribuição afluente ao reservatório. Os valores utilizados foram referentes à série de vazões médias mensais da Estação Ponte Vacaria.

E_R : Evaporação real incidente no espelho d'água do reservatório. Foram utilizados os dados diários da estação meteorológica Montes Claros operada pelo INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. As normais mensais de evaporação estão apresentadas a seguir.

QUADRO 4.1.4-2 - Totais mensais de evaporação (mm)

Valores (mm)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
109.2	115.2	113.7	113.9	120.3	130.0	161.7	197.8	221.1	198.4	122.6	100.8

Fonte: WALM, 2018.

$Q_{BOMBEADA}$: vazão de água que será bombeada para atender a demanda requerida pela SAM e para usos múltiplos (Governo). Conforme já mencionado, essas captações serão realizadas a jusante do reservatório. Será implantada uma torre com 4 aberturas no interior do reservatório, eliminando a elevatória do lago. Na travessia da barragem do rio Vacaria será utilizada uma tubulação de aço carbono que será capaz de garantir a vazão máxima regularizada pelo barramento. A estação de bombas principal da SAM estará localizada a 300 m a jusante do barramento. Para a simulação do balanço hídrico, foi considerado o seguinte cenário hipotético apresentado a seguir.

QUADRO 4.1.4-3 - Vazões bombeadas para atendimento do Projeto Bloco 8 e Governo

Período (ano)	Vazão bombeada (m ³ /h)
Ano -1 (Enchimento do Reservatório)	0 m ³ /h
PP (Enchimento do Reservatório)	0 m ³ /h
Ano 1 e ano 2	6.171 m ³ /h, sendo 5.171 m ³ /h para a usina da SAM e 1.000 m ³ /h para o Governo
Ano 3 e ano 4	7.171 m ³ /h, sendo 5.171 m ³ /h para a usina da SAM e 2.000 m ³ /h para o Governo
Ano 5 e ano 6	8.171 m ³ /h, sendo 5.171 m ³ /h para a usina da SAM e 3.000 m ³ /h para o Governo
Ano 7 ao ano 18	9.171 m ³ /h, sendo 5.171 m ³ /h ² para a usina da SAM e 4.000 m ³ /h para o Governo

Fonte: WALM, 2018.

$Q_{INDUSTRIAL}$: vazão de água de 300 m³/h que será bombeada para a barragem Industrial antes do início de operação do empreendimento, visando auxiliar no seu enchimento.

² - Apesar da demanda real da usina considerar a vazão de captação de 5.171 m³/h, a vazão de projeto para a captação é de 6.200 m³/h em função do fator de projeto aplicado de 20%

QUADRO 4.1.4-4 - Vazões bombeadas para auxiliar enchimento da barragem Industrial

Período (ano)	Vazão bombeada (m ³ /h)
Ano -1 (Enchimento do Reservatório)	300 m ³ /h
PP (Enchimento do Reservatório)	300 m ³ /h
Ano 1 ao ano 18 (Operação do Empreendimento)	0 m ³ /h

Fonte: WALM, 2018.

$Q_{RESIDUAL}$: vazão de água mínima que deverá ser mantida a jusante de 401 m³/h. Vale mencionar que esta vazão foi definida a partir dos requisitos mínimos legais. Entretanto, uma vez que as captações para atendimento das demandas da SAM e Governo serão realizadas a jusante do barramento, toda a vazão regularizada pelo reservatório deverá ser restituída a jusante por meio da torre de tomada de água composta por comportas. Desta maneira, a vazão mínima residual será a vazão máxima regularizada pelo reservatório da barragem do rio Vacaria subtraída das demandas anuais previstas no período precedente à operação (ano -1 e ano PP) e durante os 18 anos de operação do empreendimento, conforme resumo apresentado a seguir.

QUADRO 4.1.4-5 - Síntese das demandas anuais no período de implantação e operação

Período (ano)	Demanda SAM (m ³ /h)	Demanda Governo (m ³ /h)	Enchimento Barragem Industrial (m ³ /h)	Demanda Total (m ³ /h)
Ano -1 (Enchimento do Reservatório)	0	0	300	300
PP (Enchimento do Reservatório)	0	0	300	300
Ano 1 e ano 2	5.171	1.000	0	6.171
Ano 3 e ano 4	5.171	2.000	0	7.171
Ano 5 e ano 6	5.171	3.000	0	8.171
Ano 7 ao ano 18	5.171	4.000	0	9.171

Fonte: WALM, 2018.

Ressalta-se que durante a construção da barragem do rio Vacaria (ano -2), a vazão natural do curso de água será mantida a jusante por meio de uma galeria de desvio.

$Q_{VERTIMENTO}$: Vazão vertida pelo sistema extravasor da barragem, posicionado na cota 634 metros.

As simulações foram realizadas a partir de uma média móvel dos dados da série de vazões médias mensais (1976 a 2014, 39 anos). Desta forma, a primeira simulação considerou o período da série de 1976 a 1995 (20 anos, sendo 2 anos de enchimento e 18 anos de operação), a segunda considerou o período de 1977 a 1996, e, assim sucessivamente, resultando em 39 simulações.

Na apresentação dos resultados, foram considerados três possíveis cenários:

- cenário mínimo: simulação que apresenta a menor disponibilidade de água dentre as 39 simulações (cenário mais crítico);
- cenário médio: média dos resultados das 39 simulações;
- cenário máximo: simulação que apresenta a maior disponibilidade de água dentre as 39 simulações.

Os resultados obtidos estão sintetizados a seguir.

- A vazão máxima regularizada pelo reservatório da barragem Vacaria sem a ocorrência de falhas no sistema de bombeamento durante todo o período de operação do empreendimento foi de 11.311 m³/h. Essa vazão estará disponível a partir do ano precedente à operação do Projeto Bloco 8 (ano PP - ano de pré-produção) e deverá ser restituída a jusante do barramento para atendimento das demandas da SAM, do Governo, para auxílio no enchimento da barragem industrial e, ainda, manutenção da vazão mínima residual;
- Considerando a vazão máxima regularizada pelo reservatório com 100% de garantia de 11.311 m³/h, as vazões mínimas residuais resultantes que serão garantidas a jusante, desconsiderando as demandas totais discriminadas anteriormente, são apresentadas a seguir.

QUADRO 4.1.4-6 - Vazões residuais resultantes a jusante

Período (ano)	Vazão Máxima Regularizada (m ³ /h)	Demanda Total (m ³ /h)	Vazão residual a jusante (m ³ /h)
Ano -1 ³	1.900 (Enchimento do reservatório)	300	1.600 m ³ /h
Ano PP	11.311	300	11.011 m ³ /h
Ano 1 e ano 2	11.311	6.171	5.140 m ³ /h
Ano 3 e ano 4	11.311	7.171	4.140 m ³ /h
Ano 5 e ano 6	11.311	8.171	3.140 m ³ /h
Ano 7 ao ano 18	11.311	9.171	2.140 m ³ /h

Fonte: WALM, 2018.

Em síntese, os resultados obtidos na operação simulada do reservatório considerando o período simulado de 20 anos (do ano-1 ao 18º ano de operação do empreendimento), estão apresentados a seguir:

- Ano -1: enchimento natural do reservatório da barragem do rio Vacaria, bombeamento da vazão de 300 m³/h para o reservatório da barragem industrial, e liberando para o rio Vacaria a jusante da barragem uma vazão de 1.600 m³/h (cerca de 4 vezes superior ao limite mínimo legal de 401 m³/h);
- Pré-Produção (PP): enchimento natural do reservatório da barragem do rio Vacaria, bombeamento da vazão de 300 m³/h para o reservatório da barragem industrial, e liberando para o rio Vacaria a jusante da barragem uma vazão de 11.011 m³/h;

³ - Período de enchimento da barragem do rio Vacaria necessário para a regularização da vazão de 11.311 m³/h a partir do ano de pré-produção (PP).

- Ano 1 e 2 de Operação: bombeamento da vazão de 6.171 m³/h (5.171 m³/h para a usina da SAM e 1.000 m³/h para o Governo), e liberando para o rio Vacaria a jusante da barragem uma vazão de 5.140 m³/h;
- Ano 3 e 4 de Operação: bombeamento da vazão de 7.171 m³/h (5.171 m³/h para a usina da SAM e 2.000 m³/h para o Governo), e liberando para o rio Vacaria a jusante da barragem uma vazão de 4.140 m³/h;
- Ano 5 e 6 de Operação: bombeamento da vazão de 8.171 m³/h (5.171 m³/h para a usina da SAM e 3.000 m³/h para o Governo), e liberando para o rio Vacaria a jusante da barragem uma vazão de 3.140 m³/h;
- Ano 7 ao ano 18: bombeamento da vazão de 9.171 m³/h (5.171 m³/h para a usina da SAM e 4.000 m³/h para o Governo), e liberando para o rio Vacaria a jusante da barragem uma vazão de 2.140 m³/h.

Ressalta-se que a vazão regularizada de 11.311 m³/h refere-se à vazão captada com 100% de garantia, ou seja, não foram observadas falhas no sistema de bombeamento, ao longo do período simulado. Nas simulações em que foram consideradas vazões superiores à essa, foram observadas falhas, as quais foram associados riscos de não atendimento da captação. A seguir são apresentadas as vazões simuladas e seus respectivos riscos associados.

QUADRO 4.1.4-7 - Vazões captadas x Riscos de não atendimento

Demanda Total (m ³ /h)	Risco de Falha (%)
12.000	5.77
13.000	6.36
14.000	8.93

Fonte: WALM, 2018.

A Figura 4.1.4-1 ilustra a variação do nível de água do reservatório da barragem do rio Vacaria ao longo do período simulado, considerando os 20 anos (ano-1, ano PP e os 18 anos de operação do Projeto Bloco 8). Conforme pode ser observado, o nível de água máximo (cenário máximo das 39 simulações) atinge a soleira do vertedouro desde o início do período simulado, ocorrendo vertimentos. Entretanto, ao observarmos os níveis de água mínimos (cenário mínimo das 39 simulações), podemos verificar que esses quase atingem o fundo do reservatório, não sendo possível aumentar a vazão de captação durante o período de operação, sem que ocorressem falhas no sistema. Vale mencionar que o “fundo do reservatório” foi obtido considerando o aporte dos sedimentos provenientes da área da bacia hidrográfica de contribuição afluente área de reservatório, tendo sido considerada uma taxa de 7,93 m³/h.

A frequência de vertimentos e as respectivas vazões durante o período simulado da barragem do rio Vacaria estão apresentados na Figura 4.1.4-2. Para o cenário com maior disponibilidade (cenário máximo) foram observados vertimentos desde o período de enchimento. Entretanto, para o cenário crítico, não ocorreram vertimentos.

Nas Figuras 4.1.4-3, 4.1.4-4 e 4.1.3-5 são apresentados os hidrogramas de vazões a jusante da barragem do rio Vacaria resultantes do cenário mínimo, médio e máximo obtido das 39 simulações, respectivamente. Esses hidrogramas foram obtidos considerando a soma das vazões vertidas pela soleira do sistema extravasor de emergência e a vazão residual mínima residual a ser mantida a jusante (determinada considerando a vazão máxima regularizada subtraída das demandas totais). Ressalta-se que o hidrograma de vazões para o cenário mínimo a jusante corresponde somente à vazão mínima residual a ser mantida visto que para o cenário crítico, não foram observados vertimentos.

Como complemento dos resultados, a seguir, são apresentados os valores médios das variáveis de entrada e saída do balanço hídrico do reservatório da barragem Vacaria, para todo o período simulado, indicando um incremento médio positivo de 1.760 m³/h.

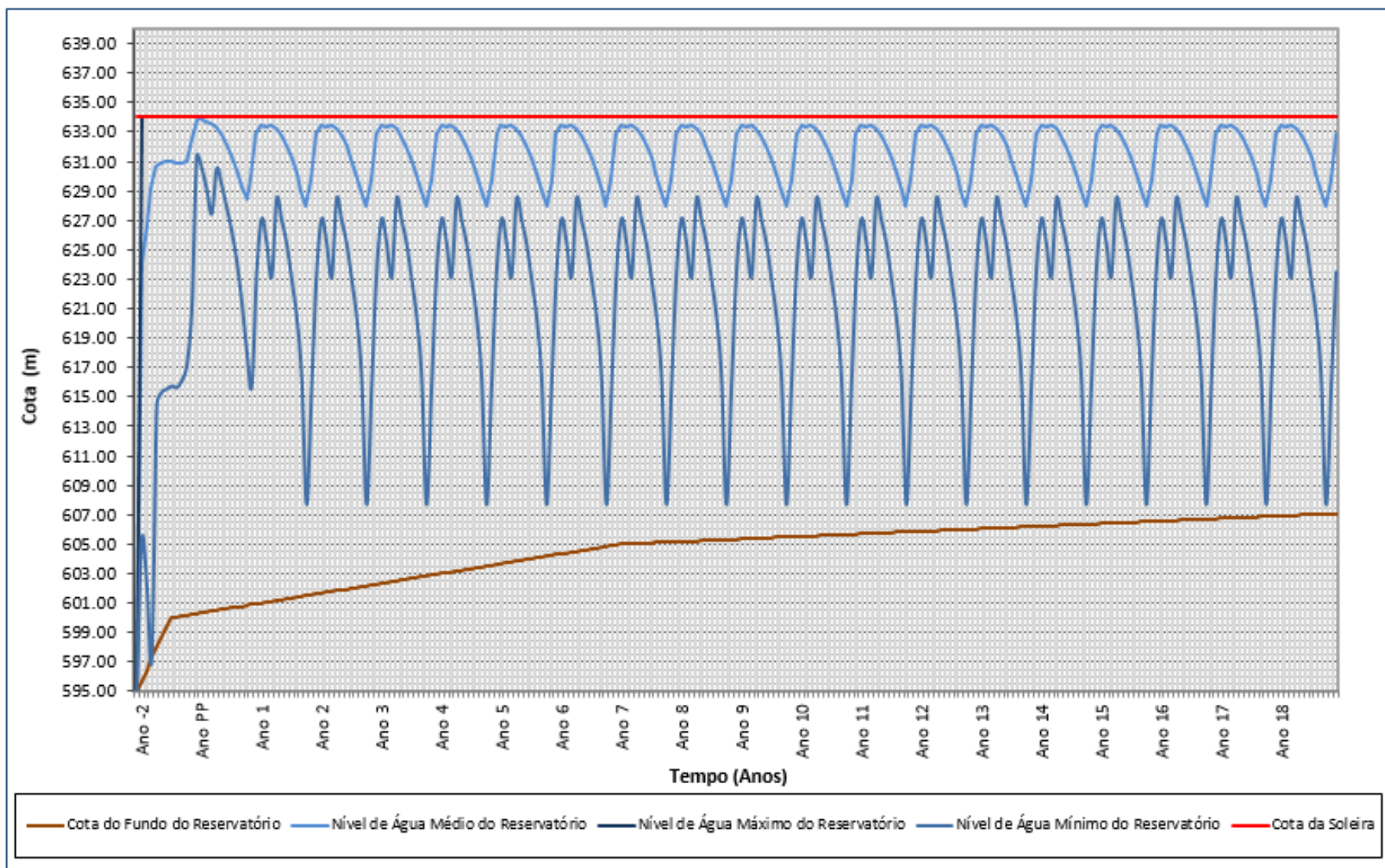
QUADRO 4.1.4-8 - Síntese do balanço hídrico médio mensal

Entradas (m ³ /h)		Saídas (m ³ /h)						Resultado do Balanço (m ³ /h)
Precipitação Direta	Vazão Afluente	Demanda SAM	Demanda Governo	Evaporação Direta	Vazão Residual	Vazão Enchimento Industrial	Vazão Vertida	
733	27780	5171	3333	1248	3157	300	13544	1.760

Fonte: WALM, 2018.

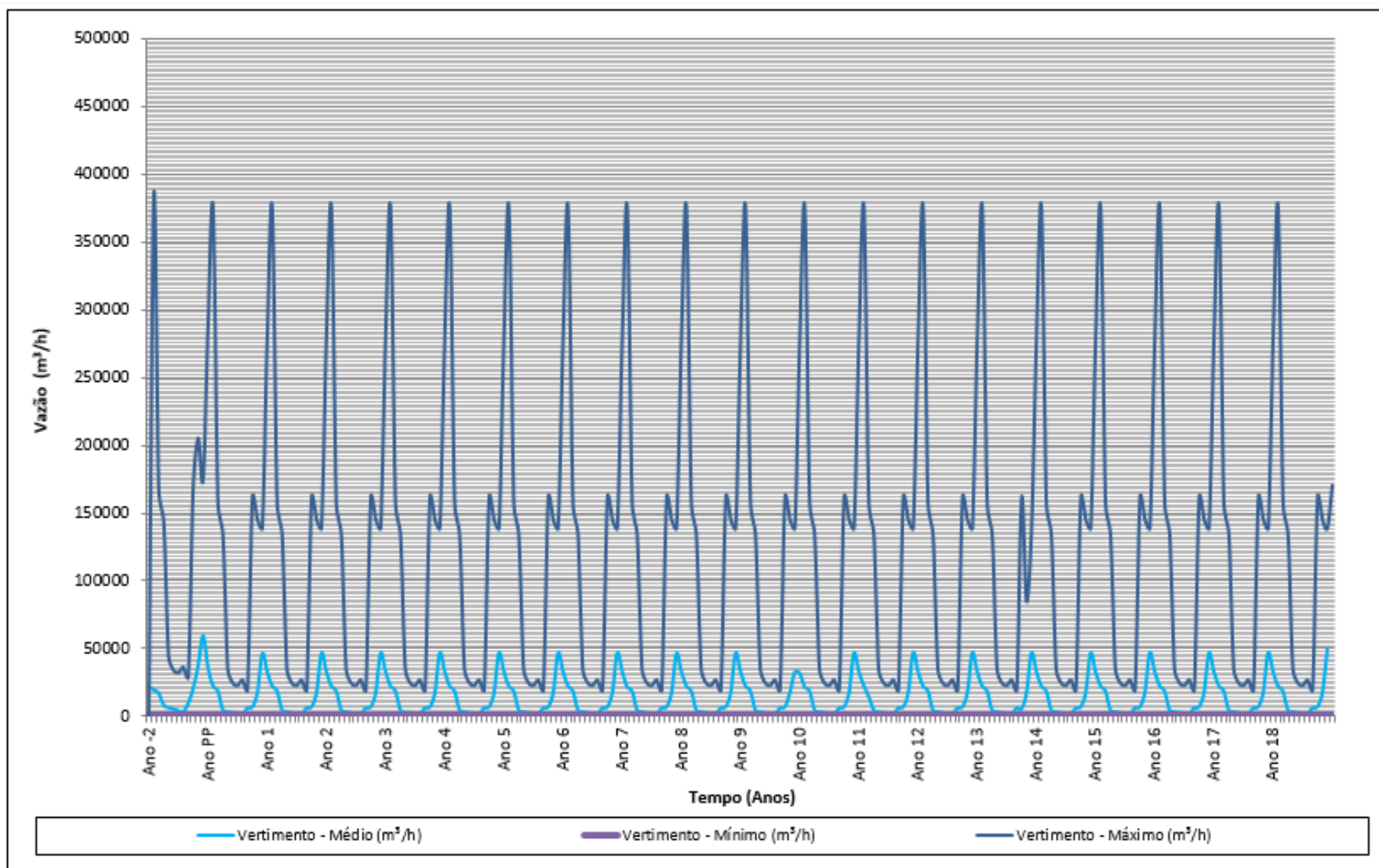
Caso, a qualquer tempo, verifique-se insuficiência de suprimento hídrico para o projeto ou para as comunidades envolvidas, a barragem do rio Vacaria é passível de alteamento, aumentando sua capacidade de regularização.

FIGURA 4.1.4-1 - Níveis de água no reservatório da barragem do rio Vacaria



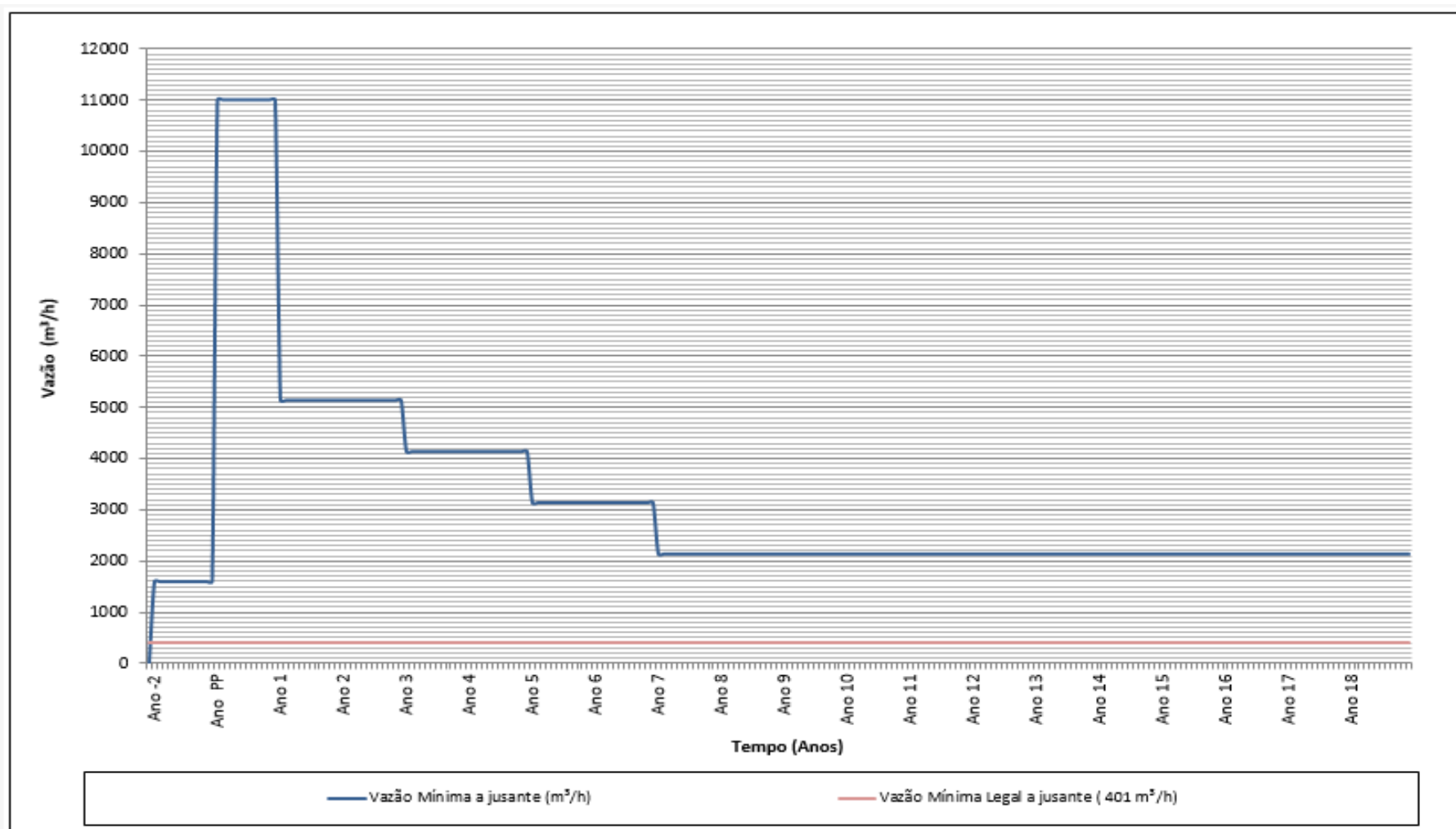
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-2 - Vazões vertidas no reservatório da barragem do rio Vacaria



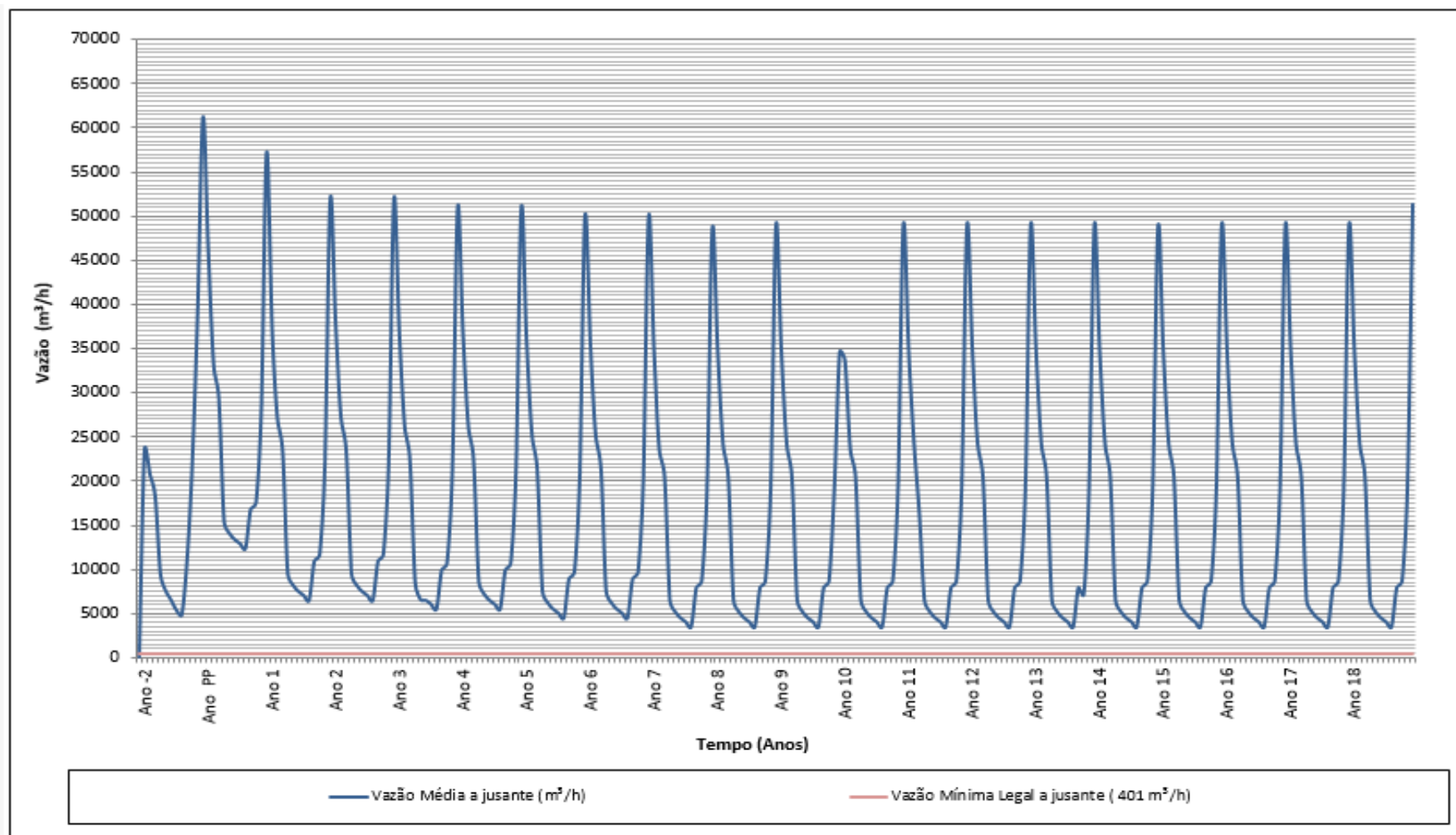
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-3 - Hidrograma de vazões a jusante do reservatório da barragem do rio Vacaria (Cenário Mínimo)

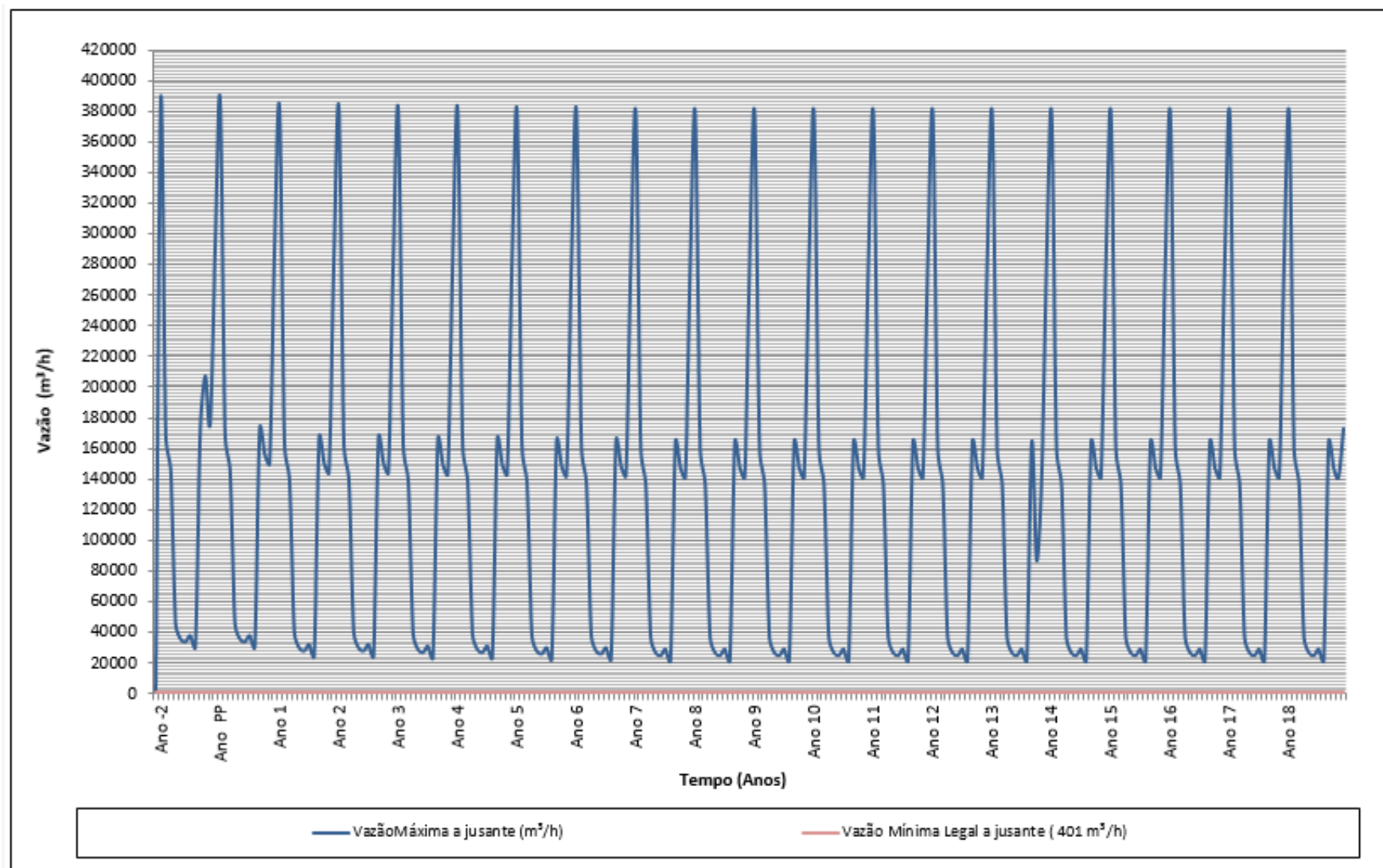


Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-4 - Hidrograma de vazões a jusante do reservatório da barragem do rio Vacaria (Cenário Médio)



Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-5 - Hidrograma de vazões a jusante do reservatório da barragem do rio Vacaria (Cenário Máximo)

Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.1.1.3 - Barragens de Rejeitos 1 e 2

As barragens 1 e 2 foram concebidas com a finalidade de dispor os rejeitos, em forma de polpa, do processo de beneficiamento do minério e recuperar a água liberada nos rejeitos, de forma a minimizar o consumo de água nova no empreendimento.

Com intuito de estimar o aproveitamento de água nos reservatórios destas barragens, foram realizados estudos de balanço hídrico, em conjunto com plano de manejo dos rejeitos, visando a determinação da capacidade de regularização pelos seus respectivos reservatórios.

QUADRO 4.1.4-9 - Perdas e Utilidades

Variáveis	Usos (m³/h)	Valor recuperado (%)	Perdas (%)	Perdas (m³/h)
Reagentes	998	100%	0%	0
Consumo humano	20	0%	100%	20
Barragem do Vale	40	0%	100%	40
Córrego Lamarão	52	0%	100%	52
Água de refrigeração	1.775	97%	3%	53
Água de serviço	1.700	80%	20%	340
Água para aspersão	915	0,0%	100%	915
Consumo intermitente	2098	80%	20%	420
Água de selagem	2.793	80.2%	19.8%	553
Total	10.387	76,9%	23,1%	2.398

Fonte: SAM, 2018.

Como variáveis de entrada no balanço, considerou-se a vazão natural da bacia de contribuição afluente ao reservatório, a precipitação direta incidente sob o reservatório e a água presente na polpa dos rejeitos. As variáveis de saída consideradas foram a evaporação direta no reservatório, a vazão percolada pelo sistema de drenagem interna do maciço e fundação, a água retida nos interstícios dos rejeitos, a recirculação da vazão de água liberada pelos rejeitos e a captação de água nova (vazão regularizada). É importante mencionar que, nessas simulações, não foi considerada a manutenção de um fluxo mínimo a jusante dessas estruturas, visto que a barragem industrial será responsável pela manutenção da vazão mínima residual do empreendimento.

Como premissa, nas operações simuladas dos reservatórios, foi adotada a não ocorrência de falhas durante a captação de água (bombeamento da vazão de água liberada pelos rejeitos somada à vazão a ser regularizada pelo reservatório). De acordo com os resultados obtidos, a vazão máxima regularizada, sem que ocorram falhas durante o período de operação foi de:

- 500 m³/h para a barragem de rejeitos 1;
- 85 m³/h para a barragem de rejeitos 2.

A seguir estão apresentadas as vazões passíveis de serem captadas nos reservatórios das barragens de rejeitos 1 e 2, correspondentes à vazão de água livre dos rejeitos somada à vazão regularizada pelos reservatórios. Ressalta-se que os valores de água liberada pelos rejeitos foram obtidos do balanço de água calculado pela SAM, tendo sido admitida que 75% seria correspondente ao reservatório da barragem 1, com 25% correspondendo ao reservatório da barragem 2.

QUADRO 4.1.4-10 - Vazões passíveis a serem captadas nos reservatórios das barragens 1 e 2

Estrutura	Vazão de água liberada pelos rejeitos (m ³ /h)	Vazão de água máxima regularizada (m ³ /h)	Vazão total passível de ser captada (m ³ /h)
Reservatório barragem 1	2.030	500	2.530
Reservatório barragem 2	677	85	762

Fonte: WALM, 2018.

Vale mencionar que, apesar dos resultados dos estudos de balanço hídrico indicarem vertimentos nas barragens 1 e 2, durante essa fase de projeto, essas vazões não serão aproveitadas no plano de manejo hídrico do empreendimento, visto que só ocorreram nos meses finais de operação destas estruturas, não sendo contribuições constantes ao longo da operação.

Da mesma maneira, em fases futuras do projeto, também deverão ser consideradas as vazões percoladas pelos maciços das barragens 1 e 2. Na barragem 2, essas contribuições serão armazenadas em um *sump* e, em seguida, retornadas para seu reservatório, bombeadas diretamente para a usina de tratamento de minério ou, ainda, bombeadas para o reservatório da barragem industrial. Já para a barragem 1, foi proposto um barramento, denominado dique auxiliar 1, com a função de armazenar as contribuições de água provenientes do desaguamento dos rejeitos a serem dispostos nos taludes de jusante durante o alteamento contínuo da barragem 1, bem como receber as vazões percoladas pelo maciço e fundação da barragem 1, evitando o aporte dessas contribuições para a cavidade existente imediatamente a jusante. Para tanto, no reservatório dessa estrutura, foi previsto um sistema de bombeamento, de maneira a minimizar/evitar a ocorrência de vertimentos. As vazões bombeadas no dique auxiliar 1, apesar de não serem constantes ao longo da vida útil do empreendimento, também deverão ser reaproveitadas pela usina de tratamento de minério.

Ressalta-se que a maximização do aproveitamento da água nos reservatórios das barragens de contenção de rejeitos irá contribuir para a redução do consumo de água nova na barragem do rio Vacaria, ao longo dos anos de operação do empreendimento.

4.1.4.1.1.4 - Barragem Industrial

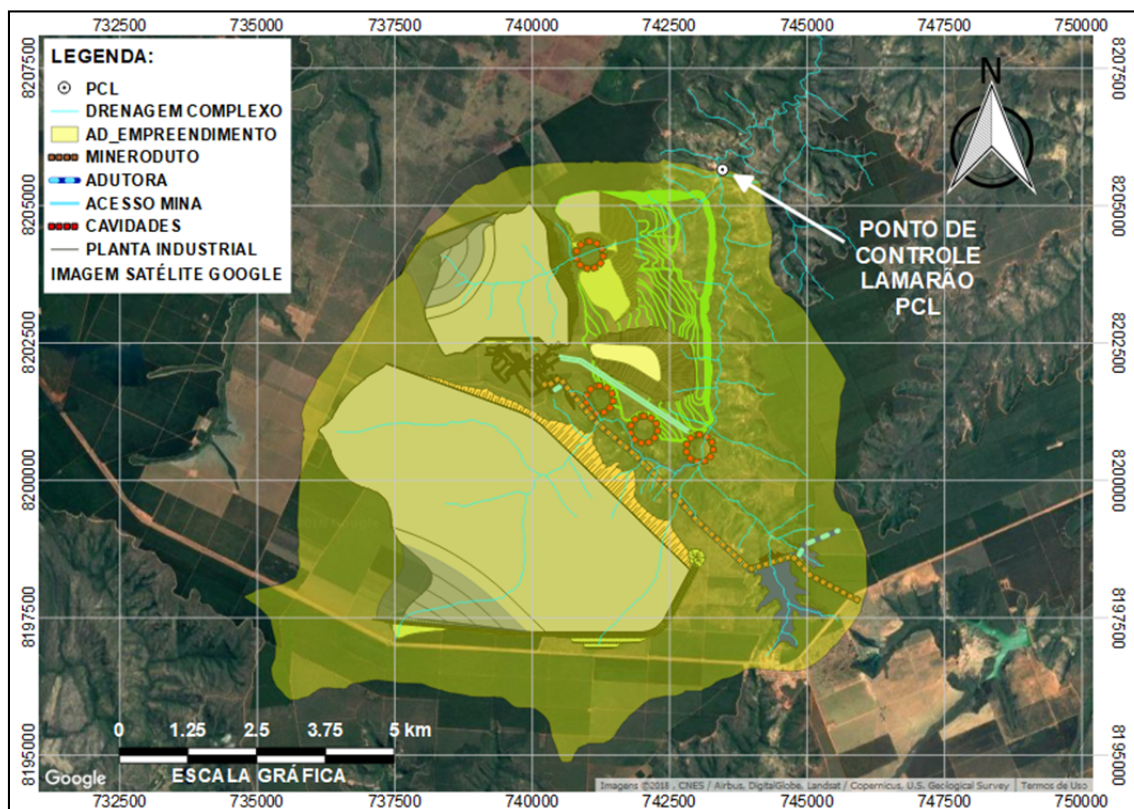
A barragem industrial foi concebida com a função de regularizar as vazões naturais afluentes do córrego do Vale, fornecendo água para a manutenção do fluxo residual mínimo a jusante do empreendimento.

Alternativamente, esta estrutura também poderá ser utilizada para acumulação de água proveniente de fontes externas, como por exemplo, das vazões a serem bombeadas dos fundos de cava, das contribuições provenientes do sistema de drenagem previsto para o *backfill*, das vazões percoladas pelo maciço da barragem 2, dentre outros. Porém, quaisquer manobras operacionais envolvendo o reservatório de água da barragem industrial terão, obrigatoriamente, que garantir o atendimento da vazão residual legal a jusante do empreendimento. Vale mencionar as vazões vertidas pela barragem de rejeitos 1 são direcionadas para o reservatório da barragem industrial, uma vez que o sistema extravasor da barragem 1 desemboca no reservatório da barragem industrial.

De acordo com a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548 de 29 de março de 2012, para a região da bacia hidrográfica na qual o Projeto Bloco 8 está inserido, deverá ser garantida uma vazão mínima residual a jusante equivalente a 50% da vazão de referência do Estado de Minas Gerais, ou seja, 50% da $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência).

A metodologia utilizada para o cálculo da vazão de referência do IGAM ($Q_{7,10}$) foi a mesma utilizada pela SUPRAM (HIDROSSISTEMAS/COPASA, 1993), a qual considera o rendimento mínimo mensal com 10 anos de recorrência ($Q_{30,10}$) da área de drenagem da seção de interesse e a tipologia homogênea desta mesma área para o cálculo do fator de conversão de $Q_{30,10}$ para $Q_{7,10}$ (F).

Como o principal objetivo da barragem industrial é prover água para a manutenção da vazão residual de todo o empreendimento, adotou-se para o cálculo da vazão de referência para definição desta vazão mínima, a área de drenagem de todo o empreendimento, correspondente a 86,5 km², como pode ser visualizado na Figura 4.1.4-6. Ressalta-se que para o controle da vazão a jusante do empreendimento, foi prevista a instalação de um monitoramento contínuo na seção fluviométrica imediatamente a jusante da cava do Projeto Bloco 8, na seção denominada como Ponto de Controle Lamarão (PCL).

FIGURA 4.1.4-6 - Área de drenagem do empreendimento e Ponto de Controle do Lamarão

Fonte: WALM, 2018.

Para essa bacia de contribuição, foi identificada a tipologia homogênea 232, a qual se encontrou os seguintes parâmetros a partir da publicação citada anteriormente:

α	β	γ	r	s	m	n
0,489403	0,413592	1,005857	0,273074	0,226445	-0,023986	-0,045688

Estes parâmetros foram aplicados à equação de cálculo de F apresentada a seguir, a partir da qual se alcançou o valor de 0,80:

$$F_{(T,D)} = (\alpha + \beta \cdot Y^D) \cdot [\log T]^{-(r \cdot \log T + S)} \cdot D^{((m+n \cdot [\log]^2 T))}$$

Para cômputo da $Q_{30,10}$ considerou-se o rendimento de 0,6 L/s.km², uma vez que a área de drenagem do empreendimento encontra-se entre as isolinhas 0,2 L/s.km² e 1,0 L/s.km².

A partir destes valores, aplicando-se a fórmula, encontrou-se o valor de 151,2 m³/h para a $Q_{7,10}$. Uma vez que o IGAM regulamenta a vazão mínima como sendo 50% da vazão de referência para a região do empreendimento, o valor da vazão mínima a ser garantida a jusante no Ponto de Controle do Lamarão é de 75,6 m³/h.

O arranjo proposto para a barragem industrial previu um maciço com a cota de coroamento na elevação 860 metros, a ser construído em etapa única, e soleira na cota 858 metros, comportando uma capacidade máxima de acumulação de 19,32 Mm³.

Para avaliação de potencial de regularização no reservatório da barragem industrial, foram realizadas simulações de balanço hídrico considerando as seguintes variáveis: vazão afluente, precipitação direta no reservatório e vazões vertidas pelo sistema extravasor da barragem de rejeitos 1. Como variáveis de saída foram consideradas a evaporação direta no reservatório e a vazão residual a ser mantida a jusante do empreendimento de 75,6 m³/h. Considerou-se o período de enchimento do reservatório (tempo entre o fechamento das obras de desvio da barragem industrial e o início das operações da barragem 1 de 36 meses), sendo esse enchimento auxiliado por derivação da vazão de 300 m³/h proveniente da barragem do rio Vacaria durante os primeiros 2 anos, ou seja, 24 meses. Vale mencionar que a vazão mínima residual de 75,6 m³/h será mantida durante todo o período de pré-operação/implantação e operação do empreendimento por meio de bombeamento ou pelo vertimento da barragem industrial.

As principais características e os resultados dos estudos de balanço hídrico são apresentados a seguir.

QUADRO 4.1.4-11 - Resumo das Características da Barragem de Água Industrial

Variável	Valor
Cota de coroamento (m)	860,00
Volume do reservatório (Mm ³)	19,32
Área do espelho d'água na cota do vertedouro (m ²)	783.390
Área de drenagem considerada no estudo do balanço (km ²) ⁴	4,09
Vazão regularizada (m ³ /h)	95,00
Tempo de Enchimento	36 meses, sendo auxiliado por aporte de captação de 300 m ³ /h da barragem do rio Vacaria durante os primeiros 24 meses

Fonte: WALM, 2018.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a vazão regularizada pela barragem industrial foi superior a vazão mínima que deverá ser garantida em 100% do tempo a jusante da barragem, restando uma folga de cerca de 20m³/h.

⁴ - Para a verificação do potencial de regularização do reservatório da Barragem Industrial, considerou-se apenas a contribuição de sua bacia a montante, perfazendo uma área de drenagem de 4,09 km². As afluentes provenientes do sistema extravasor da Barragem 1 foram inseridas a partir dos resultados obtidos do balanço hídrico da referida estrutura, tendo sido observados vertimentos apenas nos finais de operação dos maciços inicial e final. Entretanto, para dimensionamento do sistema extravasor da Barragem Industrial levou-se em consideração a área de contribuição da Barragem 1, ou seja, a área incremental de 38,85 km².

Ainda foram observados vertimentos pelo reservatório da barragem industrial no mesmo período em que essa estrutura recebe as vazões vertidas pelo reservatório da barragem de rejeitos 1, ou seja, nos finais de operação dos maciços inicial e final da barragem 1, especificamente nos anos 8 e 18 de operação do empreendimento.

Em etapas futuras, esses incrementos de vazões também poderão ser aproveitados e inseridos no plano de manejo de recursos hídricos do Projeto Bloco 8.

Outras considerações

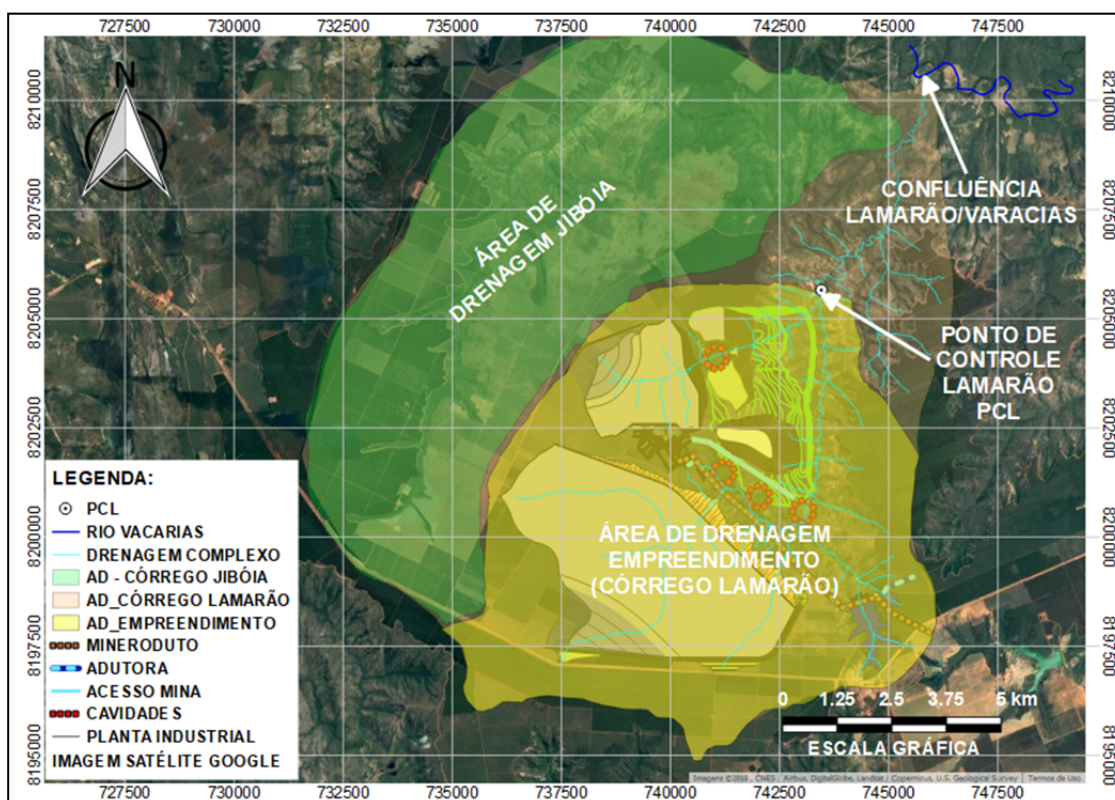
O Projeto Bloco 8 está inserido inteiramente na bacia de contribuição do córrego Lamarão, contemplando uma área total de 86,5 km². Conforme já mencionado, imediatamente a jusante da região do empreendimento, no local denominado Ponto de Controle do Lamarão será mantida uma vazão residual de 76,5 m³/h, que corresponde à 50% da $Q_{7,10}$.

O córrego Lamarão é afluente da margem direita do rio Vacaria, tendo sua nascente na chapada próximo à localidade de Lamarão, situada às margens da rodovia BR-251, possui uma extensão de 23,2 km, e uma área total de 180,9 km².

Seu principal afluente é o córrego Jibóia, contribuinte de sua margem esquerda, que segue paralelo ao córrego Lamarão e desagua a aproximadamente 5,0km a jusante do Projeto Bloco 8, não sofrendo interferência direta com o empreendimento.

A área incremental, que considera a bacia formada entre o Ponto de Controle do Lamarão e a confluência no rio Vacaria é de 94,4 km².

A Figura 4.1.4-7 apresenta a área de drenagem do córrego Lamarão até a sua confluência com o rio Vacaria, bem com a delimitação da sub-bacia do córrego Jibóia, na qual pode-se verificar que a maior parte da contribuição de água para o rio Vacaria é proveniente desta bacia incremental, formada principalmente pelo córrego Jibóia.

FIGURA 4.1.4-7 - Área de drenagem do córrego Lamarão

Fonte: WALM, 2018.

Durante o percurso do córrego Lamarão entre o Ponto de Controle do Lamarão e a confluência do córrego Jibóia, ou seja, em aproximadamente 5,0 km, esse curso de água terá suas vazões reduzidas em época de estiagem, uma vez que garantirá apenas a vazão residual mínima legal a jusante. Entretanto, considerando a contribuição do córrego Jibóia, que possui uma área de drenagem bastante considerável, a vazão no curso de água tende a manter os mesmos valores médios observados sem considerar o empreendimento.

Outro ponto relevante que se deve mencionar é que a área de drenagem impactada pelo empreendimento de 86,5 km² representa apenas 3,7% da bacia de contribuição total no rio Vacaria de 2326 km², na seção fluvial onde está prevista a implantação do barramento, corroborando com a prerrogativa que o empreendimento também não impactará à bacia do rio Vacaria.

4.1.4.1.1.5 - Barragem do Vale

A barragem do córrego do Vale (ou barragem do Vale) deverá ser implantada no córrego do Vale, afluente da margem direita do córrego Lamarão, com a finalidade de abastecer a comunidade do Vale das Cancelas existente na região de atuação do Projeto Bloco 8.

Especificamente, a SAM irá construir esse barramento visando suprir a necessidade de água desta comunidade, considerando uma projeção populacional de até 10.000 habitantes e um consumo per capita de 150l/hab.dia.

Vale mencionar que de acordo com o levantamento do número de habitantes na região de entorno do Projeto, realizado pela Secretaria Municipal de Saúde de Grão Mogol, em setembro de 2018, abrangendo o Vale das Cancelas e regiões rurais próximas, foram identificados um total de 2.039 pessoas, sendo 1.361 habitantes somente do Vale das Cancelas. O quadro a seguir apresenta o número de pessoas por micro área considerada.

QUADRO 4.1.4-12 - Número de habitantes do Vale das Cancelas e região rural no entorno

Micro Área	Descrição	Número de Habitantes
Micro Área 1	Vale das Cancelas	343
Micro Área 2	Vale das Cancelas	345
Micro Área 3	Vale das Cancelas	291
Micro Área 4	Vale das Cancelas	382
Micro Área 5	São Francisco, Lamarão, Barra das Canoas, Sobrancelha e Jiboia	234
Micro Área 6	Boa Vista, Curral de Varas, Estiva, Cancela, Rio Rancho e Pinheiro	165
Micro Área 7	Santa Ria, Bonito 1 e 2, Cabeceira do Maciel, Córrego do vale, Córrego Lamarão, Coqueiro, Estância Sertaneja e Batalha	279
Total	2.039 habitantes	

Fonte: WALM, 2018.

O maciço da barragem foi concebido por solo compactado, com seção homogênea, inclinação de taludes de montante e jusante de 2(H):1(V), com bermas com 6,00 m de largura e desnível máximo entre bermas de 10,00 m. A cota de coroamento será na elevação 860 metros, resultando em uma altura máxima da ordem de 47,00 m e um volume de reservação de 1,64Mm³ (até a cota da soleira do vertedouro admitida na cota 858 metros).

A barragem do Vale deverá ser construída no ano-2 de operação e estará disponível para atendimento da comunidade do Vale das Cancelas no início de operação do empreendimento, ou seja, no início do ano 1, conforme cronograma de implantação/operação apresentado abaixo. Atualmente, essa população é abastecida por uma captação no córrego Batalha, também afluente da margem direita do córrego Lamarão, que deverá ser extinguida no início de Implantação da barragem de rejeitos 1, no ano 3 de Operação, restando, ainda, uma folga operacional de, no mínimo, 2 anos, dando tranquilidade e conforto para a comunidade durante a alteração da fonte de suprimento de água.

QUADRO 4.1.4-13 - Cronograma de Implantação/operação da barragem do córrego do Vale

IMPLANTAÇÃO			OPERAÇÃO
ANO-2	ANO-1	Pré-Produção (PP)	ANO 1 ATÉ O ANO 18
Construção	Enchimento natural		Operação

Fonte: WALM, 2018.

Para o dimensionamento e verificação da capacidade de regularização do reservatório da barragem do córrego do Vale, foi realizada a simulação do balanço hídrico do reservatório, considerando a seguinte equação:

$$\Delta V / \Delta t = \{ P_{DIRETA} + Q_{AFLUENTE} + Q_{VACARIA} \} - \{ Q_{CAPTADA} + E_R + Q_{VERTIDA} \}$$

onde:

$\Delta V / \Delta t$: corresponde à variação do volume no intervalo de tempo.

P_{DIRETA} : Precipitação diária sobre a superfície do espelho de água formado pelo reservatório. A série de precipitações utilizadas no estudo foi obtida a partir de dados consistidos de altura de chuva diária da Estação Grão Mogol (período de 1973 a 2018, tendo sido excluído os anos 1975 e 1990 por possuírem falhas e o ano de 2018 por estar incompleto), pertencente a Agência Nacional de Águas. Os dados de precipitação médios mensais estão apresentados a seguir.

QUADRO 4.1.4-14 - Totais mensais de precipitação (mm)

Valores (mm)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
162,56	99,19	136,62	45,38	13,62	5,29	5,64	5,51	16,34	90,56	209,6	226,62

Fonte: WALM, 2018.

$Q_{AFLUENTE}$: Vazão natural da bacia de contribuição afluente ao reservatório. Os valores utilizados foram referentes à série de precipitações mensais consolidada na área do Projeto Bloco 8, obtida dos dados de altura de chuva diária da Estação Grão Mogol, transformada em vazão através do coeficiente de escoamento superficial, adotado igual a 0,25, e a área de drenagem da bacia de contribuição (1,20 km²);

$Q_{VACARIA}$: Derivação de vazão da barragem do rio Vacaria de 40 m³/h, durante 24 horas/dia, a partir do ano 1 de operação do empreendimento para auxiliar na regularização de vazões do reservatório da barragem do córrego do Vale, ao longo de toda a sua operação;

$Q_{CAPTADA}$: Vazão passível de ser captada no reservatório da barragem do córrego do Vale visando o atendimento de da comunidade de Vale das Cancelas. Admitiu-se a captação da vazão de 62,5 m³/h, durante 24 horas/dia, visando o atendimento da população futura de até 10.000 habitantes e considerando o consumo de 150 l/hab.dia;

$Q_{VERTIDA}$: Vazão vertida pelo sistema extravasor da barragem;

E_R : Evaporação real incidente no espelho d'água do reservatório. Foram utilizados os dados diários da estação meteorológica Montes Claros operada pelo INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. As normais mensais de evaporação estão apresentadas a seguir.

QUADRO 4.1.4-15 - Totais mensais de evaporação (mm)

Valores (mm)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
109.2	115.2	113.7	113.9	120.3	130.0	161.7	197.8	221.1	198.4	122.6	100.8

Fonte: WALM, 2018.

A operação simulada do reservatório foi desenvolvida considerando o tempo de operação da barragem do Vale de 20 anos (do ano-1 ao 18º ano de operação do empreendimento), a saber:

- Ano -1: Apenas enchimento natural do reservatório, sem considerar captação complementar da barragem do rio Vacaria e sem considerar o bombeamento para o atendimento da comunidade;
- Ano Pré-Produção (PP): Idem Ano -1;
- Ano 1 ao ano 18: Bombeamento para atendimento da comunidade Vale das Cancelas e derivação de captação da barragem do rio Vacaria para auxiliar na regularização do reservatório da barragem do córrego do Vale.

As simulações foram realizadas a partir de uma média móvel dos dados da série de vazões médias mensais (1973 a 2018 - 43 anos). Vale ressaltar que os anos 1975, 1990 e 2018 foram excluídos da simulação por apresentarem falhas e/ou incompletos, justificando os 43 anos de simulação. Desta forma, a primeira simulação considerou o período da série de 1973 a 1989 (16 anos de operação da barragem), a segunda considerou o período de 1974 a 1991, e, assim sucessivamente, resultando em 43 simulações.

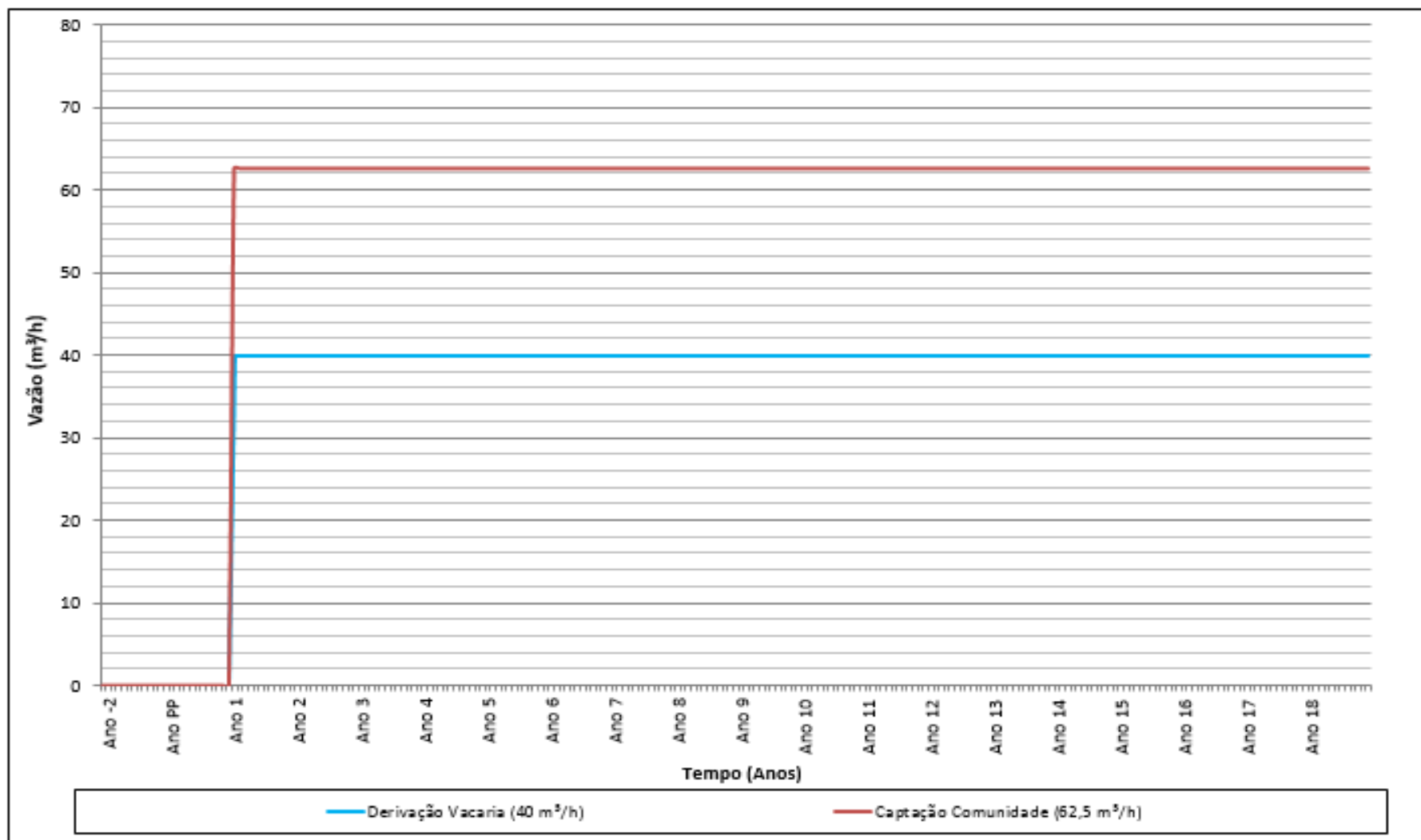
Na apresentação dos resultados foram considerados três possíveis cenários:

- Cenário mínimo: simulação que apresenta a menor disponibilidade de água para recirculação dentre as 43 simulações (cenário mais crítico);
- Cenário médio: média dos resultados das 43 simulações;
- Cenário máximo: simulação que apresenta a maior disponibilidade de água dentre as 43 simulações.

A partir dos resultados obtidos do balanço hídrico, verificou-se que o reservatório garante uma captação de 62,5 m³/h a partir do ano 1 de operação, sem a ocorrência de falhas, ao longo de toda a vida útil do empreendimento. Essa captação atende a demanda de uma população futura de até 10.000 habitantes, considerando um consumo per capita de 150 l/hab.dia. Para tanto, fez-se necessária a derivação de uma vazão de 40m³/h a partir do início da captação de água para atendimento da comunidade, ou seja, a partir do ano 1 de operação do empreendimento, visando auxiliar na regularização de vazão pelo reservatório da barragem do córrego do Vale.

Na Figura 4.1.4-8 são ilustradas o bombeamento constante da vazão de 62,5 m³/h ao longo da vida útil do empreendimento concomitantemente com a derivação da vazão complementar proveniente da barragem do rio Vacaria de 40 m³/h.

FIGURA 4.1.4-8 - Vazões derivadas (entradas) e captadas (saídas) na barragem do córrego do Vale



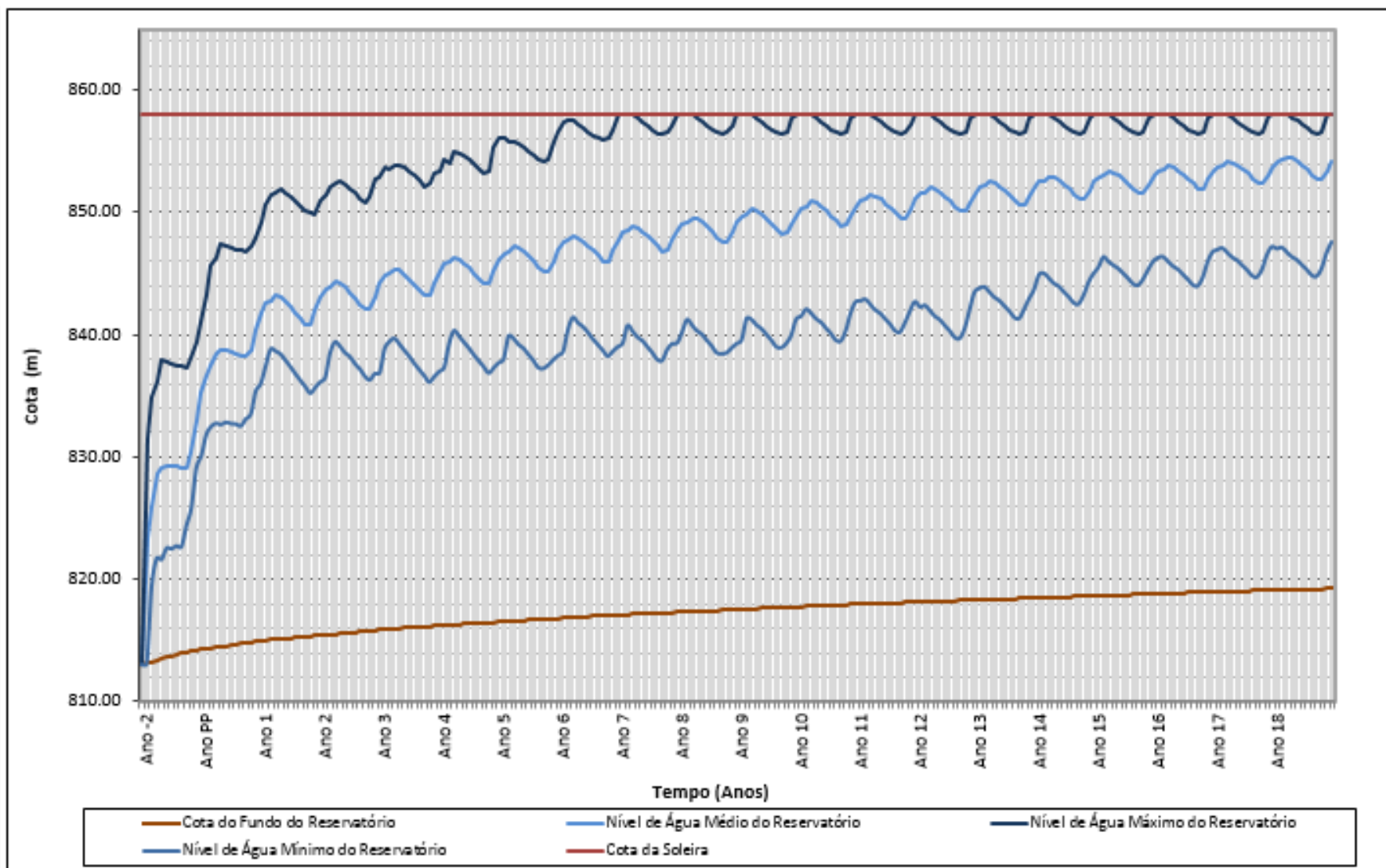
Fonte: WALM, 2018.

A Figura 4.1.4-9 apresenta a variação do nível de água do reservatório ao longo do período simulado, considerando os 02 anos de enchimento natural do reservatório e os 18 anos de operação da barragem do Vale. O nível de água máximo atinge a soleira do vertedouro a partir do 7º ano de operação, ocorrendo vertimentos no período chuvoso. Entretanto, quando consideramos o nível de água mínimo no reservatório, não são verificados vertimentos ao longo da vida útil da barragem.

Vale mencionar que ainda que sejam observados vertimentos durante o período chuvoso nas simulações, não foi possível desconsiderar a vazão de derivação complementar da barragem do rio Vacaria de 40 m³/h durante o período de operação sem que ocorressem falhas no sistema de captação da barragem do córrego do Vale de 62,5 m³/h para a comunidade Vale das Cancelas.

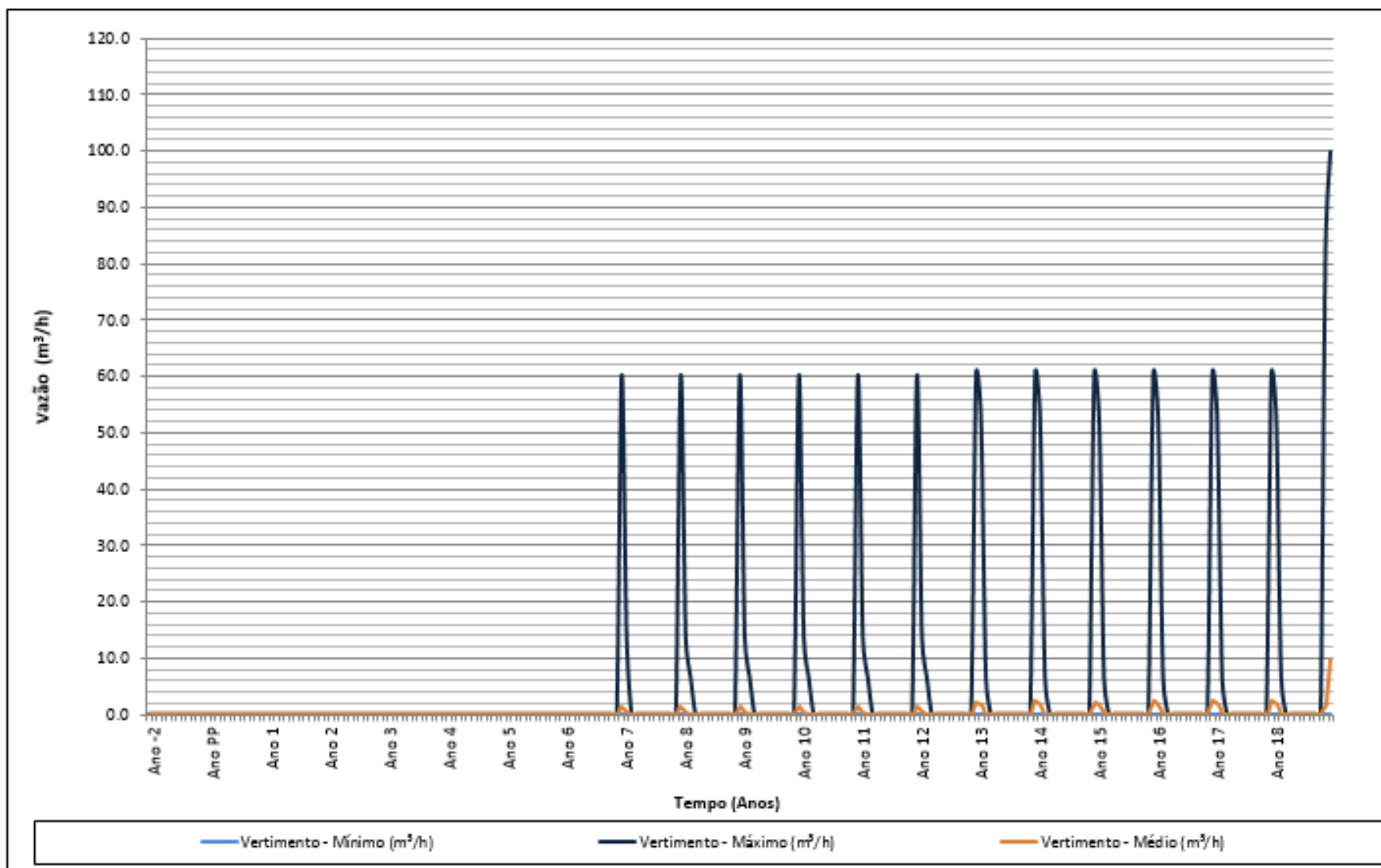
Na Figura 4.1.4-10 é possível verificar a frequência de vertimentos e as respectivas vazões durante a vida útil da barragem. Conforme já mostrado para o cenário com maior disponibilidade (cenário máximo) foram observados vertimentos a partir do 7º ano de operação. Para o cenário crítico, não foram observados vertimentos.

FIGURA 4.1.4-9 - Variação dos Níveis de Água no Reservatório



Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-10 - Vertimentos do reservatório da barragem do córrego do Vale ao longo do período simulado



Fonte: WALM, 2018.

Como complemento dos resultados, abaixo estão apresentados os valores médios, das variáveis de entrada e saída do balanço hídrico do reservatório da barragem do córrego do Vale, para todo o período simulado (20 anos, sendo 02 anos de enchimento natural e 18 anos de operação do empreendimento).

QUADRO 4.1.4-16 - Síntese do balanço hídrico médio mensal

Ano	Entrada (m³/h)			Saídas (m³/h)			Resultado do balanço (m³/h)
	P _{DIRETA}	Q _{AFLUENTE}	Q _{VACARIA}	Evap. _{DIRETA}	Q _{BOMBEADA}	Q _{VERTIDA}	
Média	7,16	33,15	40	11,97	62,50	0,20	5,64

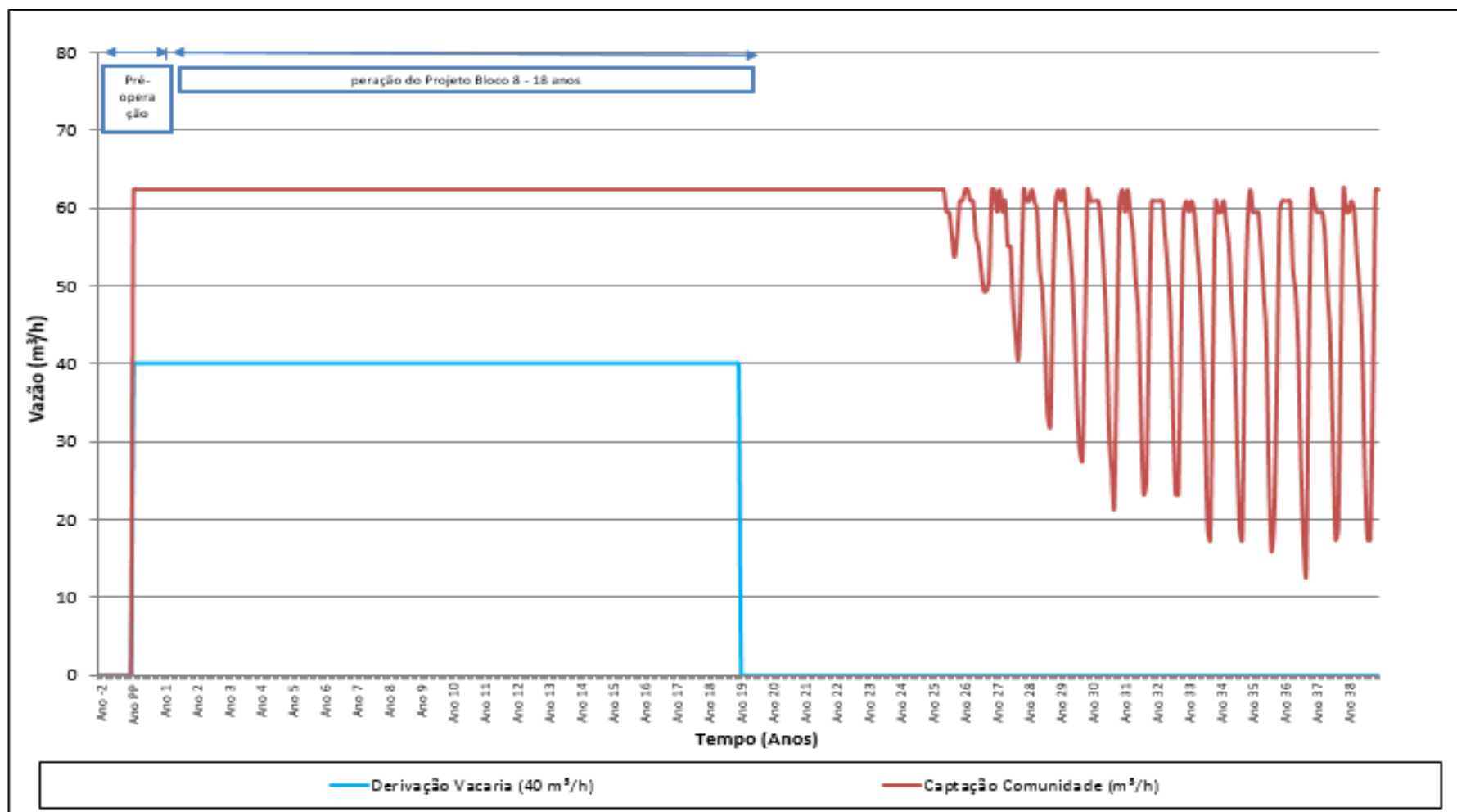
Fonte: WALM, 2018.

De acordo com os resultados apresentados, verifica-se que o balanço hídrico do reservatório da barragem do Vale é positivo, com incremento final médio de 5,64 m³/h. Vale lembrar que neste resultado está sendo considerado o incremento da contribuição da vazão da barragem do rio Vacaria visando auxiliar no déficit hídrico apresentado por essa bacia, que conduz períodos com perdas por evaporação superiores às precipitações diretas incidentes sobre o reservatório.

Adicionalmente, visando verificar o cenário de fechamento/desativação do Projeto Bloco 8, foi realizada nova simulação do balanço hídrico, admitindo apenas a barragem do córrego do Vale em operação após o final da vida útil do empreendimento. Para tanto, nessas simulações, após os 18 anos de operação do empreendimento, desconsiderou-se o aporte da derivação complementar da vazão de 40 m³/h proveniente da barragem do rio Vacaria.

Conforme pode ser verificado na Figura 4.1.4-11, no cenário de fechamento, sem o incremento da vazão bombeada da barragem do rio Vacaria para o reservatório da barragem do córrego do Vale, não foi possível a manutenção da captação da vazão de 62,5 m³/h constante ao longo do tempo simulado, ocorrendo falhas. Desta maneira, para a manutenção do atendimento de uma população de 10.000 habitantes, uma alternativa seria a captação de água para a comunidade ser realizada no reservatório da barragem industrial, após a desativação do Projeto Bloco 8.

FIGURA 4.1.4-11 - Vazões derivadas e captadas no reservatório da barragem do córrego do Vale (cenário fechamento)



Fonte: WALM, 2018.

Por fim, foram realizadas outras simulações procurando obter a máxima vazão de captação que o reservatório da barragem do córrego do Vale era capaz de regularizar, sem o incremento da vazão proveniente da barragem do rio Vacaria no cenário de fechamento. A vazão máxima de captação no reservatório da barragem do córrego do Vale foi de 35 m³/h, sem que ocorressem falhas no sistema de captação. Essa vazão é capaz de atender a demanda de uma população de cerca de 5.500 habitantes. Assim sendo, na fase de fechamento, é possível, se for comprovada a necessidade, que o abastecimento da comunidade se dê a partir da barragem industrial.

4.1.4.1.1.6 - Cava

As contribuições subterrâneas provenientes das operações de lavra (rebaixamento da cava) e as contribuições advindas das precipitações diretas na área da cava poderão ser utilizadas nas atividades industriais, contribuindo para a redução do consumo de água nova a ser captado na barragem do rio Vacaria/Irapé ao longo dos anos de operação.

Para a estimativa do aporte de águas subterrâneas provenientes das operações de lavra, foi elaborado um modelo hidrogeológico numérico destinado a avaliar os fluxos na área de estudo antes e durante o rebaixamento da cava e implantação das barragens. As simulações foram realizadas em regime estacionário (equilíbrio), utilizando-se parâmetros hidráulicos calibrados, considerando dois cenários:

- Cenário 1: máximo esgotamento de água da cava exclusivamente por recarga natural. O objetivo desta simulação consistiu em apontar o quantitativo de vazão necessária, proveniente exclusivamente do aquífero (recarga natural), para que o desaguamento ocorra, bem como, os impactos associados; e
- Cenário 2: máximo esgotamento de água da cava incluindo as águas infiltradas pelas barragens e *backfill*.

Ambos os cenários consideraram a geometria final da cava (ano de operação 18).

De acordo com os resultados obtidos, na simulação do Cenário 1, onde foi considerada as condições de lavra final da mina sem a presença das barragens 01 e 02, do *backfill* e dos reservatórios de água, a expectativa de bombeamento necessária para o desaguamento foi da ordem de 51 L/s (183 m³/h). Já para o cenário 2, a expectativa de bombeamento necessária para o desaguamento foi da ordem de 60 L/s (241 m³/h), considerando apenas os reservatórios e barragens de rejeitos 1 e 2, passando para 102 L/s (367 m³/h), quando estabelecido o arranjo final do *backfill*. O valor de aporte de água para esta fase final seria somente para referência, pois refere-se à cessação das atividades minerárias e, conseqüentemente, do bombeamento para esgotamento da cava.

Diante do exposto, para os estudos de balanço hídrico do empreendimento, considerou-se como valores de entrada o aporte do volume de água proveniente das operações de esgotamento da cava para o cenário 2 de 241 m³/h, admitindo apenas os reservatórios das barragens 1 e 2, visto que as contribuições advindas com o *backfill* só irão contribuir nos últimos anos de operação da Mina. Entretanto, vale mencionar que a análise das vazões de descarga nas drenagens a partir das operações de lavra apresentadas nos resultados do modelo hidrogeológico revelou uma redução de 19% da vazão de base na sub-bacia do córrego Lamarão e um acréscimo na vazão de base do córrego Mundo Novo.

De modo geral, observou-se uma redução nos fluxos de base da ordem de 5%, o que equivale a aproximadamente 21 L/s.

A seguir é apresentada a comparação das vazões de base obtidas durante o processo de calibração e de simulação do máximo rebaixamento das operações da cava.

QUADRO 4.1.4-17 - Alteração nas vazões de base das sub-bacias dos córregos Lamarão e Mundo Novo

Localização	Vazão de calibração (L/s)	Vazão simulada (L/s)	Variação
Córrego Lamarão	273,6	221,6	- 19%
Córrego Mundo Novo	114,7	145,5	+27%
Total	388,2	367,1	- 5%

Fonte: WALM, 2018.

Diante dos resultados obtidos, visando restituir o trecho do curso de água do córrego Lamarão que sofrerá uma redução em sua vazão de base, nos estudos de balanço hídrico do empreendimento, será bombeada uma vazão de 52 m³/h (19% da vazão de base admitida o modelo de 273,60 m³/h) para o referido curso de água, conforme pode ser observado na descrição dos valores de saída (perdas).

Para a estimativa do volume de água referente à precipitação direta na cava passível a ser captado, realizou-se um balanço hídrico mensal simplificado considerando o 18º ano de operação do empreendimento, o qual é apresentado no Quadro 4.1.4-18. Considerou-se para este balanço as seguintes premissas:

- reservatório de 188 mil m² de área de espelho;
- coeficiente de escoamento $C = 0,70$;
- área de drenagem de 9,55 km² para o ano 18;
- vazões de bombeamento dimensionadas de forma a esgotar o volume total da cava em um período máximo de três dias.

Os resultados encontrados indicam um potencial de captação de até 683 m³/h nos meses de dezembro do ano 18. Porém, nos meses de junho, julho e agosto não haverá possibilidade de captação devido ao pequeno volume de chuvas e elevado potencial de evaporação. Esse valor refere-se à máxima vazão passível de ser captada, já considerando o cenário final de lavra. Nos cenários inicial e intermediários as vazões de bombeamento serão inferiores em virtude da redução da área de lavra e, consequentemente, da bacia de contribuição. À título de exemplificação, foi avaliada a vazão de bombeamento considerando um cenário intermediário, o ano 5 de Operação (Quadro 4.1.4-19). Para tanto, as premissas utilizadas para o balanço foram:

- Reservatório de 115 mil m² de área de espelho;
- Coeficiente de escoamento $C = 0,70$;
- Área de drenagem de 4,66 km² para o ano 05.
- Vazões de bombeamento dimensionadas de forma a esgotar o volume total da cava em um período máximo de três dias.

QUADRO 4.1.4-18 - Expectativa de captação no fundo de cava.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação média (mm)	162.6	99.2	136.6	45.4	13.6	5.3	5.6	5.5	16.3	90.6	209.6	226.6
Pe (mm)	113.8	69.4	95.6	31.8	9.5	3.7	3.9	3.9	11.4	63.4	146.7	158.6
Evaporação (mm)	109.2	115.2	113.7	113.9	120.3	130.0	161.7	197.8	221.1	198.4	122.6	100.8
Captação ano 18 (m³/h) Esgotamento em 1 dia	1461	879	1222	386	94	15	10	0	93	778	1888	2050
Captação ano 18 (m³/h) Esgotamento em 3 dias	487	293	407	129	31	5	3	0	31	259	629	683

Fonte: WALM, 2018.

QUADRO 4.1.4-19 - Expectativa de captação no fundo de cava (ano 05 de Operação).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação média (mm)	162.6	99.2	136.6	45.4	13.6	5.3	5.6	5.5	16.3	90.6	209.6	226.6
Pe (mm)	113.8	69.4	95.6	31.8	9.5	3.7	3.9	3.9	11.4	63.4	146.7	158.6
Evaporação (mm)	109.2	115.2	113.7	113.9	120.3	130.0	161.7	197.8	221.1	198.4	122.6	100.8
Captação ano 05 (m³/h) Esgotamento em 1 dia	709	425	592	185	42	3	0	0	38	373	917	997
Captação ano 05 (m³/h) Esgotamento em 3 dias	236	142	197	62	14	1	0	0	13	124	306	332

Fonte: WALM, 2018.

Destaca-se que a cava não possuirá capacidade para regularização de vazões em função das constantes alterações da geometria do fundo de cava, por isto, a captação no fundo de cava somente será possível em função exclusivamente da ocorrência de eventos pluviométricos que extrapolem os volumes de infiltração, interceptação e acumulação em depressões.

Em decorrência da imprevisibilidade dos eventos pluviométricos e da impossibilidade de se realizar a regularização de vazões, as vazões provenientes da precipitação direta incidente sobre a área da cava deverão ser consideradas como complementares e não constantes para atendimento da demanda do processo de beneficiamento, sendo, portanto, desconsideradas no balanço hídrico do empreendimento.

4.1.4.1.1.7 - Córrego Lamarão

De acordo com a SAM, durante a implantação do Projeto Bloco 8, será necessária uma demanda de água nominal de 50 m³/h, sendo cerca de 40m³/h a ser utilizada em canteiros de obra, (consumo humano de cerca de 6.000 trabalhadores) e 10 m³/h para o consumo industrial tais como produção de concreto e aspersão de vias. Para suprir essa demanda, foi realizado um estudo de alternativas para captações a fio d'água em seções fluviais próximas à área do projeto (Figura 4.1.4-12).

FIGURA 4.1.4-12 - Características das seções fluviais estudadas

Nº	Curso de Água	Bacia Hidrográfica	Município	Coordenadas SAD 69 (Fuso 23K)		Área de Drenagem (km ²)	Distância linear até o empreendimento (km)
				E (m)	N (m)		
1	Córrego Lamarão	Jequitinhonha	Grão Mogol	744.776	8.208.939	75,0	6,3
2	Ribeirão Vacaria	Jequitinhonha	Grão Mogol	733.281	8.213.667	49,6	13,8
3	Afluente margem esquerda do rio Ventania	Jequitinhonha	Grão Mogol	735.040	8.190.908	74,2	14,2
4	Afluente margem esquerda do rio Ventania	Jequitinhonha	Grão Mogol	737.047	8.189.837	27,1	14,4
5	Afluente margem esquerda do rio Ventania	Jequitinhonha	Grão Mogol	738.517	8.187.636	140,9	16,0
6	Afluente margem esquerda do rio Ventania	Jequitinhonha	Grão Mogol	739.021	8.187.353	70,9	16,2
7	Córrego Curral de Vara	Jequitinhonha	Grão Mogol	756.513	8.198.608	105,3	14,8
8	Córrego Curral de Vara	Jequitinhonha	Grão Mogol	756.271	8.199.031	48,8	14,6
9	Córrego Curral de Vara	Jequitinhonha	Padre Carvalho	756.935	8.199.251	156,5	15,1
10	Ribeirão Vacaria	Jequitinhonha	Padre Carvalho	753.847	8.206.486	61,3	12,1
11	Ribeirão Vacaria	Jequitinhonha	Padre Carvalho	756.510	8.209.650	73,1	15,6

Fonte: WALM, 2018.

Para a quantificação da oferta hídrica superficial para as diversas seções fluviais propostas, foram respeitados os limites máximos outorgáveis definidos pelo órgão regulamentador. De acordo com a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548 de 29 de março de 2012, o limite máximo para captação na modalidade a fio d'água é de 50% (cinquenta por cento) da vazão de referência Q_{7,10}, ficando garantidos a jusante de cada derivação fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% (cinquenta por cento) da Q_{7,10}. Além disso, foram contabilizadas as demandas já existentes, ou seja, os usos já outorgados nas bacias hidrográficas que contribuem para cada eixo definido. Os quantis de vazão disponíveis para captação a fio d'água nas seções fluviais propostas se encontram sintetizados a seguir.

QUADRO 4.1.4-20 - Disponibilidade hídrica para captação a fio d'água nas seções propostas

Seção Fluvial	Q _{7,10} (l/s)	50 % Q _{7,10} (m³/h)	Demandas Existentes (m³/h)	Disponibilidade Hídrica (m³/h)	Distância linear até o empreendimento (km)
1	54,0	97,2	7,2	90,0	6,3
2	17,9	32,1	0	32,1	13,8
3	53,4	96,2	0	96,2	14,2
4	19,5	35,1	0	35,1	14,4
5	101,4	182,6	0	182,6	16,0
6	51,0	91,9	0	91,9	16,2
7	142,2	255,9	0	255,9	14,8
8	65,9	118,6	0	118,6	14,6
9	211,3	380,3	0	380,3	15,1
10	55,2	99,3	0	99,3	12,1
11	65,8	118,4	0	118,4	15,6

Fonte: WALM, 2018.

Os resultados obtidos nos estudos indicaram potencial de exploração para atendimento da demanda de 50 m³/h em nove das onze seções propostas, sendo elas as seções 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

Entretanto, para suprir a demanda de água para a fase de implantação do empreendimento, optou-se pela captação a fio d'água no córrego Lamarão (seção 1) por ser a alternativa mais próxima ao empreendimento, cerca de 6,3km, e por apresentar disponibilidade hídrica de 90 m³/h, superior à necessária, restando, ainda, um limite outorgável de 40 m³/h para usuários a montante do ponto de captação (sem considerar os 7,2 m³/h já outorgados) e um fluxo residual a jusante de 97,2m³/h.

4.1.4.1.2 - Balanço Hídrico do Empreendimento

O balanço hídrico do Projeto Bloco 8 foi desenvolvido a partir dos dados de balanço interno da usina de tratamento de minério disponibilizados pela SAM e a partir de inferências feitas a partir da produção de rejeito, entre outras informações.

Durante a fase de operação do empreendimento, o consumo efetivo de água (que corresponde a vazão que não será recirculada) equivale a demanda de água nova e ocorre principalmente na água retida nos vazios dos rejeitos (água presa), na água presente na polpa a ser transportada via mineroduto e nas utilidades e serviços gerais da mina, totalizando uma demanda média de água nova da ordem de 6.401 m³/h, conforme apresentado a seguir.

QUADRO 4.1.4-21 - Consumo efetivo de água no empreendimento

Variáveis	Valor (m³/h)
Água na polpa do mineroduto	1.151
Água retida nos rejeitos	2.852
Perdas e utilidades gerais	2.398
Total	6.401

Fonte: WALM, 2018.

No quadro abaixo podem ser visualizadas as atividades consideradas para compor as “perdas e utilidades”, bem como, a porcentagem recuperada em cada uma.

QUADRO 4.1.4-22 - Perdas consideradas no balanço hídrico

Variáveis	Usos (m³/h)	Valor recuperado (%)	Perdas (%)	Perdas (m³/h)
Reagentes	998	100%	0%	0
Consumo humano	20	0%	100%	20
Barragem do córrego do Vale ⁵	40	0%	100%	40
Córrego Lamarão ⁶	52	0%	100%	52
Água de refrigeração	1.775	97%	3%	53
Água de serviço	1.700	80%	20%	340
Água para aspersão	915	0,0%	100%	915
Consumo intermitente	2098	80%	20%	420
Água de selagem	2.793	80.2%	19.8%	553
Total	10.387	76,9%	23,1%	2.398

Fonte: WALM, 2018.

Para atendimento da demanda de água nova total para o empreendimento foram consideradas as seguintes fontes principais: captação de água na barragem do rio Vacaria e/ou barragem de Irapé, na água presente nos interstícios do minério (ROM), pela captação de água subterrânea e pela água regularizada pelas barragens de rejeitos 1 e 2.

QUADRO 4.1.4-23 - Fontes para atendimento da demanda de água nova

Variáveis	Valor (m³/h)
ROM	404
Água subterrânea (operações de lavra)	241
Captação na barragem do rio Vacaria e/ou Irapé	5.171
Água regularizada pela barragem 1	500
Água regularizada pela barragem 2	85
Total	6.401

Fonte: WALM, 2018.

⁵ - Essa variável refere-se à captação de água a ser realizada na barragem do rio Vacaria para auxiliar na regularização de vazão do reservatório da barragem do córrego do Vale.

⁶ - Está previsto um retorno de vazão ao córrego Lamarão de 52 m³/h visando restituir o trecho deste curso de água que poderá sofrer uma redução de sua vazão de base em virtude das operações de lavra.

Vale mencionar que, para quantificação dos volumes de água para composição do balanço hídrico do empreendimento, foi considerada a capacidade nominal da usina, conforme informado no balanço de água fornecido pela SAM e as seguintes premissas:

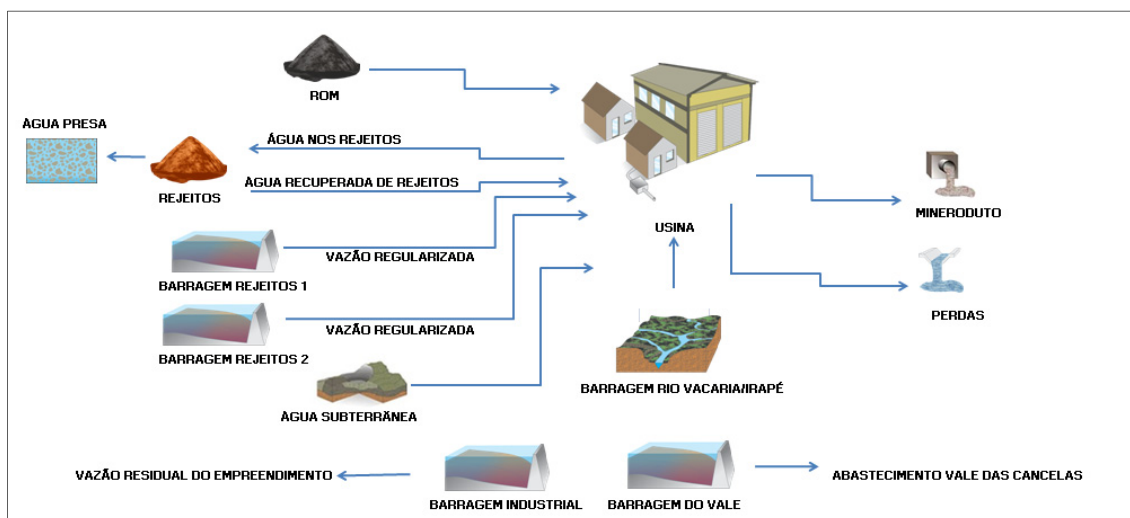
- Produção de minério: 27,5Mta;
- Teor de sólidos na polpa a ser transportada via mineroduto: 74 %;
- Vazão residual do empreendimento: 75,6 m³/h;
- Água subterrânea na cava: 241 m³/h;
- Cronograma de implantação das estruturas.

Ressalta-se que, apesar da demanda real média da usina considerar a vazão de captação na barragem de Irapé e/ou barragem do rio Vacaria de 5.171 m³/h, a vazão de outorga para a captação é de 6.200 m³/h, em função do fator usual de projeto aplicado de 20%. A justificativa da utilização deste fator está relacionada a possíveis paradas para manutenção das adutoras e eventuais variações no processo decorrente da geologia, entre outros.

Na Figura 4.1.4-13 são apresentadas, de forma esquemática, as principais variáveis consideradas na composição do Balanço Hídrico durante a operação do empreendimento: ROM, água subterrânea, captação na barragem do rio Vacaria e/ou barragem de Irapé, polpa a ser transportada via mineroduto, água regularizada pelas barragens de rejeitos 1 e 2 e perdas diversas.

Ainda, conforme pode ser observado no fluxograma hídrico apresentado, a barragem Industrial e a barragem do Vale, apesar de não estarem integradas no diagrama de processo, têm fundamental importância ambiental e social para o empreendimento. A barragem industrial irá prover a regularização de vazões para a manutenção da vazão residual a jusante do empreendimento, correspondente a 75,6 m³/h e a barragem do Vale disponibilizará água para abastecimento ao Vale das Cancelas, comunidade existente na região de atuação da SAM.

FIGURA 4.1.4-13 - Manejo hídrico esquemático para o Projeto Bloco 8



Fonte: WALM, 2018.

Com base nestas informações, foi possível desenvolver o balanço hídrico do empreendimento considerando os seguintes cenários:

1. Pré-operação/Implantação: considerando a demanda necessária para a fase de implantação do empreendimento, sem considerar a existência da infraestrutura que será criada pelo Projeto (ausência de reservatórios);
2. Operação 1: considerando o reservatório da Usina Hidrelétrica de Irapé como a principal fonte de água para o empreendimento, além da barragem industrial, barragem do Vale, acúmulo de água na cava e água regularizada pelas barragens de rejeitos;
3. Operação 2: considerando o reservatório da barragem do rio Vacaria como a principal fonte de água para o empreendimento, além da barragem industrial, barragem do Vale, acúmulo de água na cava e água regularizada pelas barragens de rejeitos;
4. Operação 3: considerando o reservatório da Usina Hidrelétrica de Irapé e da barragem do rio Vacaria como as fontes de água para o empreendimento, além da barragem industrial, barragem do Vale, acúmulo de água na cava e água regularizada pelas barragens de rejeitos;
5. Fechamento: considerando apenas o reservatório da barragem do Vale em operação.

Os estudos de balanço hídrico do empreendimento considerando os cenários supracitados, estão apresentados a seguir.

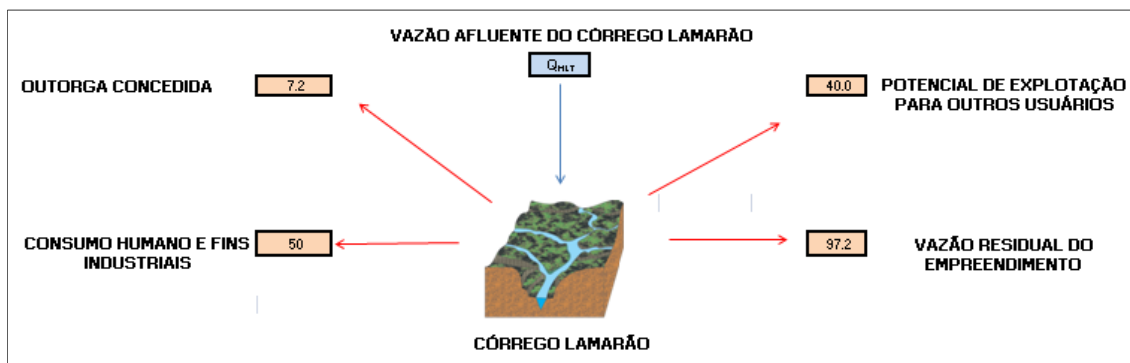
4.1.4.1.2.1 - Cenário 1: Pré-Operação

Durante a fase de implantação do Projeto Bloco 8, estimou-se uma demanda de água nova de 50 m³/h, necessária para atender o consumo humano de cerca de 6.150 trabalhadores e para fins industriais, tais como produção de concreto e aspersão de vias.

Esta demanda de água será suprida por uma captação a fio d'água provisória na seção fluvial do córrego Lamarão, distante, aproximadamente, 6,3 km da usina de tratamento de minério do empreendimento.

Vale mencionar que essa captação é inferior à disponibilidade hídrica remanescente de 90 m³/h, restando, ainda, um potencial de exploração de 40 m³/h para pleitos a montante do ponto de captação (sem considerar os 7,2 m³/h já outorgados por terceiros) e um fluxo residual a jusante de 97,2 m³/h, conforme pode ser visualizado no fluxograma simplificado apresentado na Figura 4.1.4-14.

FIGURA 4.1.4-14 - Balanço hídrico esquemático para o período de pré-operação do Projeto Bloco 8



Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.1.2.2 - Cenário 2: Fonte Principal de Água pela Barragem de Irapé

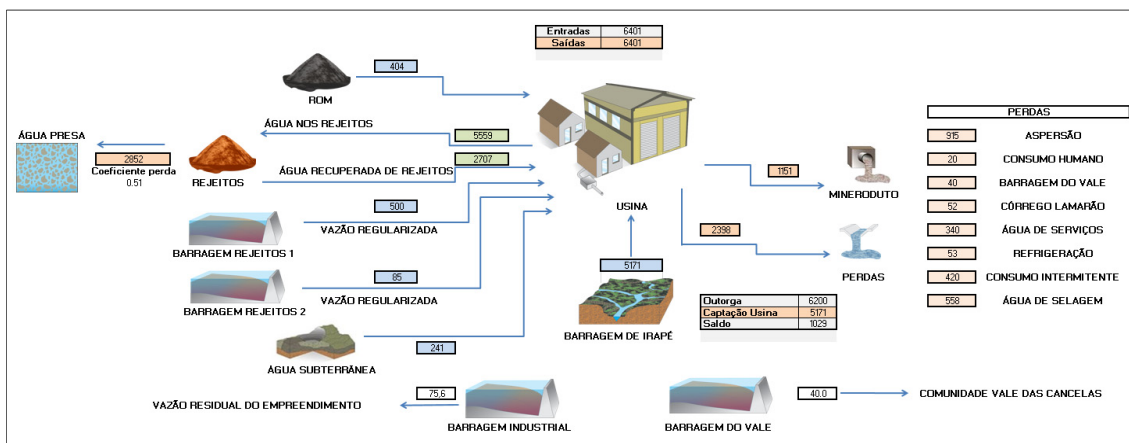
Neste cenário é considerada a barragem de Irapé como a fonte principal para atendimento da demanda de água nova do empreendimento. Conforme já mencionado, a SAM já possui uma outorga para captação de 51.053.280 m³/ano ou 6.200 m³/h (considerando 94% de disponibilidade da planta) na represa de Irapé. Esse valor, somado aos outros usuários outorgados na UHE Irapé, corresponde a menos que 10% do limite máximo outorgável nesse reservatório, o que significa que restam ainda mais de 58.000 m³/h passíveis de serem outorgados por futuros usuários, indicando um risco muito baixo, praticamente inexistente, de não suprimento de água em virtude de aumento da demanda por outros usuários.

Outro ponto favorável à utilização da barragem de Irapé como fonte principal de água refere-se à sua enorme capacidade de regularização de vazões, garantindo a exploração de grandes vazões mesmo durante períodos de escassez hídrica, acarretando em risco quase nulo de suprimento de água.

Entretanto, um fator negativo que se deve considerar são os eventuais problemas acarretados com a convivência em usinas hidrelétricas e também a não obediência na manutenção das regras de operação.

A Figura 4.1.4-15 apresenta o balanço hídrico do empreendimento considerando a de Irapé como fonte principal de demanda de água nova.

FIGURA 4.1.4-15 - Balanço hídrico esquemático durante a operação do Projeto Bloco 8 considerando a barragem de Irapé como fonte principal de água nova

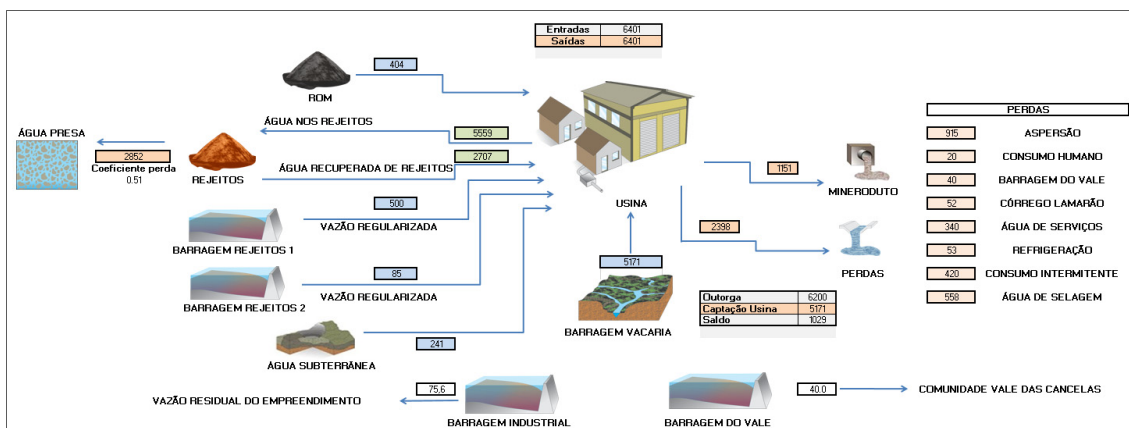


Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.1.2.3 - Cenário 3: Fonte Principal de Água pela Barragem do Rio Vacaria

A barragem do rio Vacaria apresenta vantagem competitiva, quando comparada à captação apenas na barragem de Irapé. A implantação desse barramento, além de fornecer o suprimento de água necessário ao Projeto Bloco 8, permitirá, também, a disponibilização de cerca de 4.000 m³/h de água para o Governo, visando o atendimento às populações locais. A barragem do rio Vacaria é um sonho antigo da comunidade local, cujo projeto estava paralisado há várias décadas e que a SAM poderá tornar uma realidade com a viabilização do Projeto Bloco 8.

FIGURA 4.1.4-16 - Balanço hídrico esquemático durante a operação do Projeto Bloco 8 considerando a barragem de rio Vacaria como fonte principal de água nova



Fonte: WALM, 2018.

De acordo com os resultados obtidos na simulação do balanço hídrico do reservatório da barragem do rio Vacaria, após o seu período de enchimento (ano-1), essa estrutura é capaz de regularizar uma vazão de 11.311 m³/h com 100% de garantia. Essa vazão é capaz de atender a demanda da SAM de 5.171 m³/h e a demanda máxima do Governo de 4.000 m³/h, garantindo, ainda, um fluxo residual mínimo a jusante de 2.300m³/h durante a fase de operação do Projeto Bloco 8.

Vale mencionar que a vazão a ser garantida a jusante do barramento pela SAM irá variar de 1.600m³/h, durante o período de enchimento do reservatório, até 5.140 m³/h, a depender do cronograma e das demandas a serem requerida pelo Governo, podendo até chegar a 11.011 m³/h no ano de pré-produção (ano PP). Esses resultados referem-se ao cenário mais crítico, ou seja, no período de maior estiagem observado pela série histórica de vazões do rio Vacaria utilizada na simulação. Ainda, ressalta-se que mesmo considerando o cenário mais crítico, as vazões garantidas a jusante são, pelo menos, 4 vezes superior ao limite mínimo regulamentado por lei igual a 50% da Q_{7,10}, correspondente a uma vazão de 401m³/h.

Outro fato relevante que deve ser mencionado refere-se as vazões mínimas observadas no rio Vacaria. De acordo com a série de vazões médias da Estação Ponte Vacaria, foram observadas vazões inferiores a 1.500 m³/h em 10% do período de registros disponibilizados, chegando a valores mínimos de cerca de 600 m³/h. Com a implantação da barragem do rio Vacaria, as vazões mínimas serão sempre superiores a 1.600 m³/h, sendo que 95% do tempo, a vazão mínima a jusante será superior a 2.140 m³/h.

Com relação ao cenário médio das simulações, observa-se uma diminuição da vazão média de longo termo do rio Vacaria com a implantação do barramento. Atualmente, a vazão média afluente ao barramento é de 7,68m³/s e passará para uma vazão média de cerca de 4,65 m³/s a jusante. Apesar desta redução, a vazão média remanescente ainda é muito significativa, superior a 16.500 m³/h, não comprometendo a disponibilidade de água para futuros usuários. Ressalta-se também que ainda que a vazão média do rio Vacaria a jusante da barragem do rio Vacaria fique inferior à vazão média atual, o barramento irá assegurar vazões mínimas superiores às observadas atualmente, garantindo disponibilidade hídrica para usuários a jusante em períodos de estiagem.

4.1.4.1.2.4 - Cenário 4: Fontes de Água Utilizando a Barragem de Irapé e Barragem do rio Vacaria

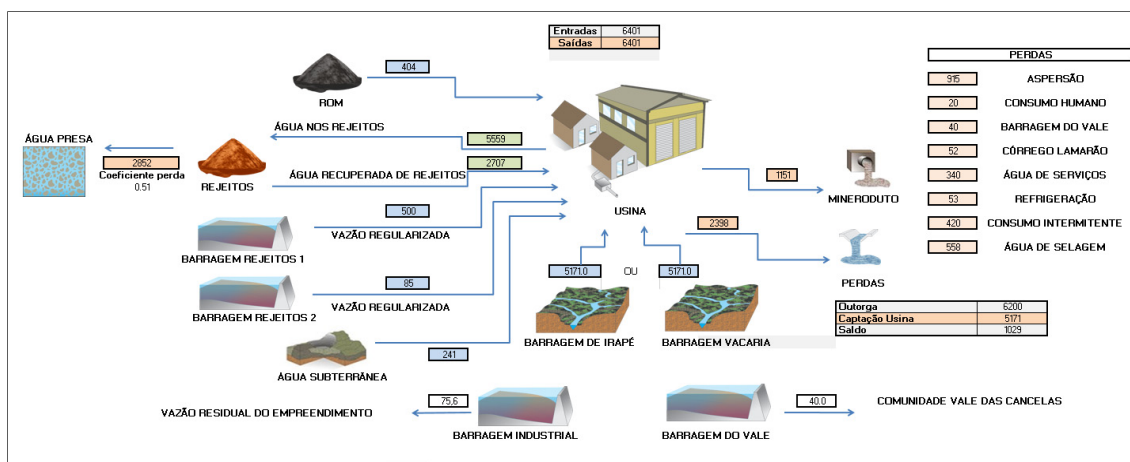
Diante do exposto nos cenários anteriores, o suprimento de água a partir de construção de barragem no rio Vacaria constitui-se em alternativa melhor para suprimento do Projeto Bloco 8 por ter maior capacidade, maior benefício social e ser independente de operação hidroelétrica.

Contudo, neste momento em que se discute a viabilidade do empreendimento, como um todo, é justificável a manutenção da outorga no reservatório da hidroelétrica de Irapé e sua construção, pelas seguintes razões:

- apesar de provável, Vacaria não tem ainda viabilidade ambiental comprovada. Caso surjam imprevistos, o Projeto Bloco 8 se mantém viável a partir de Irapé;

- apesar de improvável, não é descartada a possibilidade de insuficiência de água no reservatório da barragem do rio Vacaria, dependendo do cronograma de construção, em função de seu efetivo licenciamento e outorga, bem solução das diversas questões operacionais, dentre as quais a fundiária;
- A experiência mostra que grandes usinas de tratamento de minério podem apresentar instabilidades imprevisíveis em seu período de posta-em-marcha, que podem resultar em necessidade temporária de suprimento adicional de água até sua completa estabilização.

FIGURA 4.1.4-17 - Balanço hídrico esquemático durante a operação do Projeto Bloco 8 considerando a barragem de Irapé e a barragem do rio Vacaria como fontes principais de água nova



Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.1.2.5 - Cenário 5: Fechamento

No cenário de fechamento do Projeto Bloco 8 admite-se a desativação das barragens de rejeitos 1 e 2 e a manutenção da barragem do córrego do Vale, da barragem industrial e da barragem do rio Vacaria em operação.

Nesta situação, os barramentos de água irão operar de forma independente. Desta maneira, a barragem do córrego do Vale não receberá mais o aporte da barragem do rio Vacaria, sendo capaz de regularizar uma vazão de captação igual a 40 m³/h, garantindo o atendimento de uma população de cerca de 6.200 habitantes e, mantendo, ainda, a vazão mínima residual legal igual a 50% $Q_{7,10}$ de 1,7 m³/h. Caso a população da comunidade do Vale das Cancelas atinja número de habitantes superior a capacidade desta estrutura, essa poderá ser suprida pelo reservatório da barragem industrial.

A barragem industrial é capaz de regularizar uma vazão de 95,0 m³/h, garantindo uma captação de 84,4 m³/h e, ainda a manutenção do limite legal a jusante de 5,60 m³/h (50% $Q_{7,10}$).

Além da manutenção de atendimento da demanda já acordada com o Governo de 4.000 m³/h, a barragem do rio Vacaria poderá disponibilizar água para futuros usuários, ou seja, uma vazão de 5.171 m³/h, que corresponderá à vazão demandada pela SAM durante a vida útil do Projeto Bloco 8.

Desta maneira, com o fechamento do Projeto Bloco 8, não existirá risco de desabastecimento ou falta de disponibilidade hídrica para as comunidades existentes futuros usuários.

4.1.4.1.3 - Conclusões

Os estudos de balanço hídrico do projeto indicaram uma condição favorável em termos de disponibilidade de água. As principais fontes para atendimento de água nova do empreendimento, seja considerando tanto a barragem do rio Vacaria quanto a barragem de Irapé, indicaram risco baixo de não suprimento de água para o projeto e comunidades.

Salienta-se que nos estudos realizados, em decorrência da imprevisibilidade dos eventos pluviométricos e da impossibilidade de se realizar a regularização de vazões, não foram consideradas as potenciais contribuições tais como: do aporte da água precipitada sobre a área da cava, das vazões vertidas e percoladas pela barragem 2 que serão direcionadas para um *sump* e das contribuições de água que serão armazenadas no reservatório do dique auxiliar 1, provenientes do desaguamento dos rejeitos a serem dispostos nos taludes de jusante durante o alteamento da barragem 1 e das vazões percoladas pelo maciço e fundação dessa estrutura. Em etapas futuras, esses usos potenciais de água poderão ser considerados usos complementares para atendimento da demanda do processo de beneficiamento.

Cronograma de implantação das estruturas

A Figura 4.1.4-18 apresenta de forma integrada os cronogramas de implantação de cada uma das estruturas previstas para o manejo de recursos hídricos vinculados ao Projeto Bloco 8, o qual foi concebido para garantir o fornecimento ininterrupto para o Vale das Cancelas e a disponibilidade do recurso já no primeiro ano de operação do empreendimento.

FIGURA 4.1.4-18 - Cronograma de implantação das estruturas de manejo integrado de recursos hídricos

ESTRUTURAS	IMPLANTAÇÃO			OPERAÇÃO			
	ANO-2	ANO-1	Pré-Produção (PP)	ANO 1	ANO 2	ANO 3 ATÉ O ANO 13	ANO 14 ATÉ O ANO 18
BARRAGEM VACARIA	CONSTRUÇÃO	ENCHIMENTO NATURAL	ENCHIMENTO NATURAL	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
USINA	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
MINERODUTO	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
BARRAGEM DO VALE	CONSTRUÇÃO	ENCHIMENTO NATURAL	ENCHIMENTO NATURAL	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
BARRAGEM INDUSTRIAL	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	ENCHIMENTO	ENCHIMENTO	ENCHIMENTO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
BARRAGEM 1	-	-	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO
BARRAGEM 2	CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO	CONST. ENCHI.	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	-
CAVA	-	-	PRÉ-STRIPPING	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO

Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.1.4 - Monitoramento Hidrométrico

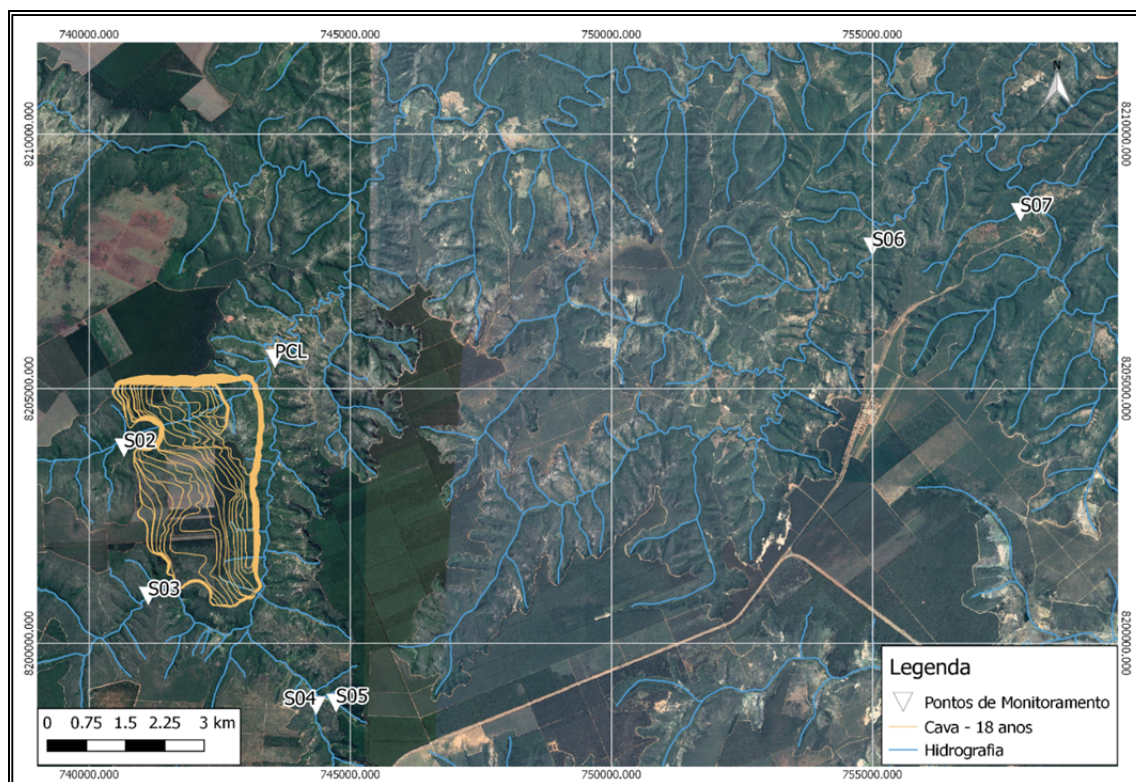
O monitoramento hidrométrico terá como objetivo avaliar as vazões nos cursos de água do entorno e consolidar as informações referentes ao comportamento hidrológico na área, permitindo que essas informações sejam empregadas em estudos e projetos futuros, além da obtenção de variáveis hidrológicas características que possam auxiliar na avaliação do dimensionamento das diversas estruturas hidráulicas do projeto.

Os dados do monitoramento permitirão definir um “*background*” da área para eventuais estudos ambientais, além de resguardar a SAM, em caso de questionamentos futuros sobre possíveis impactos ocasionados nos cursos de água.

Outra importante aplicação do monitoramento hidrométrico será a verificação da manutenção do fluxo residual mínimo a jusante do empreendimento, proporcionado pelo ponto S1, conforme descrito a seguir. Neste local será instalado um sensor automático de nível que permitirá a leitura em tempo real da vazão, o que auxiliará na gestão hídrica/ambiental do empreendimento na medida que, ao se observar a que a vazão mínima corre risco de não ser atendida, possam ser executadas manobras operacionais que permitam o direcionamento de água proveniente de outras fontes para a manutenção da vazão mínima legal. Estas fontes são: adutora da barragem do rio Vacaria, sistema de recuperação de água liberada pelos rejeitos ou sistema de desaguamento da cava.

Foram selecionadas seis seções fluviais (Figura 4.1.4-19) para implantação do monitoramento hidrométrico. A seleção buscou identificar seções em cursos de água passíveis de sofrerem algum tipo de interferência pelas atividades de lavra, disposição de estéril/rejeito e barragem de água.

A especificação do equipamento necessário para a realização do monitoramento hidrométrico foi realizada a partir de informações de campo e análises hidrológicas regionais as quais permitiram verificar a magnitude de vazões correntes em cada seção. A seguir estão apresentadas as características das seções fluviais e a especificação dos dispositivos de monitoramento.

FIGURA 4.1.4-19 - Seções fluviais para monitoramento hidrométrico

Fonte: WALM, 2018.

QUADRO 4.1.4-24 - Descrição dos pontos de monitoramento (*Datum SAD 69*).

Seção	X (m)	Y (m)	Área de Drenagem (km²)	Localização	Curso de Água	Dispositivo de Monitoramento
PCL (Ponto de Controle Lamarão)	743425	8205617	86,5	Jusante da cava	Córrego Lamarão	Estação Fluviométrica com sensor de nível automático interligado com o empreendimento de modo a permitir a leitura em tempo real da vazão em trânsito
S2	740663	8203922	9,53	Jusante da Barragem Mundo Novo	Córrego Mundo Novo	Estação Fluviométrica antes da implantação da Barragem e Vertedouro Cipolletti após a implantação da Barragem
S3	740735	8203874	28,1	Jusante da Barragem	Córrego Lamarão	Estação Fluviométrica antes da implantação da Barragem e Vertedouro Cipolletti após a implantação da Barragem
S4	744360	8198784	4,09	Jusante da Barragem Industrial	Córrego do Vale	Estação Fluviométrica antes da implantação da Barragem e Vertedouro Cipolletti após a implantação da Barragem

Seção	X (m)	Y (m)	Área de Drenagem (km²)	Localização	Curso de Água	Dispositivo de Monitoramento
S5	744696	8198856	1,20	Jusante da Barragem do Vale	Afluente do Córrego do Vale	Estação Fluviométrica antes da implantação da Barragem e Vertedouro Cipolletti após a implantação da Barragem
S6	755045	8207811	66,4	Jusante da Barragem Leste	Córrego Água Branca	Estação Fluviométrica antes da implantação da Barragem e Vertedouro Cipolletti após a implantação da Barragem
S7	757854	8208556	2.236	Jusante da Barragem do Rio Vacaria	Rio Vacaria	Estação Fluviométrica

Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.2 - Modelo Hidrogeológico Conceitual

Foi elaborado pela WALM Engenharia, em 2018, uma atualização do modelo conceitual de fluxo d'água subterrânea do complexo minerário do Projeto Bloco 8. Há que se ressaltar que, para subsidiar o entendimento dos possíveis impactos sobre as águas subterrâneas, provocados pelo rebaixamento da mina do Bloco 8, estudos hidrogeológicos locais foram realizados pela WALM, em 2014. Devido à atualização dos projetos de suas estruturas, entre elas as barragens de rejeitos e o *backfill* na cava com estéril e rejeitos, a SAM contratou a WALM para realizar estudos específicos, envolvendo as disciplinas inter-relacionadas de geologia, hidrogeologia, geotecnia e projetos.

Desta forma, a WALM elaborou o Relatório Técnico Atualização do Modelo Hidrogeológico do Complexo Minerário Projeto Bloco 8, apresentado no Anexo 4 do presente documento, cujas principais informações são sintetizadas a seguir. Neste relatório foi apresentada uma compilação e análise dos dados de monitoramentos fornecidos pela SAM, bem como o cadastro de nascentes e as informações de projetos que foram utilizados como base dos modelos conceitual e numérico de fluxo de água subterrânea.

A seguir são compiladas as principais informações do relatório elaborado pela WALM.

Em síntese, a recarga do sistema aquífero na área do projeto se faz por infiltração direta da precipitação atmosférica nos solos, em áreas que coincidem com os topos dos platôs, onde a topografia é mais elevada. A natureza argilosa dos materiais produz uma lenta infiltração, favorecendo o escoamento superficial. Desta forma, a elevada taxa de escoamento superficial combinada com o baixo índice pluviométrico da região e a alta evaporação, característica do clima Tropical Quente Semiúmido do norte de Minas Gerais, faz com que a taxa de recarga seja muito baixa. Observando-se o grande número de nascentes encontradas na região e a pequena distância entre esses pontos e as áreas de recarga, pressupõe-se que o tempo de permanência das águas subterrâneas nesse aquífero superficial seja curto. A descarga deste sistema é feita em nascentes que se localizam em praticamente todos os talvegues modelados no terreno. Na área de estudo todas estas nascentes drenam para o Córrego Lamarão. É importante destacar que, a montante da área da cava, na porção sul, todas as nascentes drenam para este córrego. Em virtude do que foi apresentado anteriormente, foram levantados alguns pontos importantes: primeiro, a constatação da baixa disponibilidade hídrica subterrânea na área do projeto, em função tanto da baixa pluviosidade no local como da baixa taxa de infiltração de água durante os eventos de precipitação. Caso a infiltração de água para subsuperfície fosse maior, haveria capacidade de seu armazenamento no aquífero granular. Outro aspecto é o de que o armazenamento de água subterrânea nas áreas é baixo e se concentra, principalmente, no sistema aquífero fraturado.

O relatório de atualização do modelo numérico, cuja síntese também é apresentada no presente documento (item 4.1.4.3), possibilitou estimar os quantitativos de vazões para dimensionamento do sistema de esgotamento da cava, com definição de eventual necessidade de poços de rebaixamento, tempo de recuperação do nível de água freático e enchimento da cava após cessar a lavra, além de avaliação dos impactos sobre as nascentes na configuração local composta por cava, *backfill* e barragens de rejeito.

4.1.4.3 - Modelo Numérico Hidrogeológico Conceitual

Foi elaborado pela WALM Engenharia, em 2018, uma atualização dos modelos conceitual e numérico de fluxo d'água subterrânea do complexo minerário do projeto Bloco 8, em complementação ao estudo anterior. Da mesma forma, o objetivo deste estudo foi o de subsidiar o entendimento dos possíveis impactos sobre as águas subterrâneas provocados pelo rebaixamento da mina do Bloco 8 e que, devido a atualização dos projetos de suas estruturas, foram necessários estudos específicos, envolvendo as disciplinas inter-relacionadas de geologia, hidrogeologia, geotecnia e projetos.

O relatório completo do modelo numérico é apresentado no Anexo 5. A seguir são compiladas as principais informações do relatório elaborado pela WALM.

O modelo hidrogeológico conceitual consiste na organização de informações relacionadas à hidrogeologia do local, em forma de textos, gráficos, diagramas, figuras e mapas, com intuito de reproduzir a compreensão do comportamento do sistema hídrico subterrâneo. Constitui, portanto, na compilação, interpretação e síntese dos dados hidrogeológicos relevantes da área de interesse.

Assim, tem-se como objetivo do modelo hidrogeológico conceitual:

- i) entender a geometria, características dos sistemas aquíferos presentes e suas relações com corpos hídricos superficiais;
- ii) e ii) representar as condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas, desde a infiltração no solo, até a descarga (em surgências e demais estruturas).

A caracterização hidrogeológica da área foi realizada com base em dados secundários. Para o entendimento das condições de circulação das águas subterrâneas foram avaliados os componentes que afetam o balanço hídrico, bem como as descargas e as recargas, e o monitoramento das cargas hidráulicas. A partir da avaliação de dados monitorados foi realizada a interpretação das principais direções de fluxo, representadas em mapa potenciométrico.

Conforme apresentado no estudo anterior contratado pela SAM, a recarga do sistema aquífero na área do projeto se faz por infiltração direta da precipitação atmosférica nos solos, em áreas que coincidem com os topos dos platôs, onde a topografia é mais elevada. A natureza argilosa dos materiais de cobertura e a posição relativamente rasa do topo rochoso produz pouca infiltração, favorecendo o escoamento superficial. Desta forma, a elevada taxa de escoamento superficial combinada com o baixo índice pluviométrico da região e a alta evaporação, característica do clima Tropical Quente Semiúmido do norte de Minas Gerais, faz com que a taxa de recarga seja muito baixa.

Observando-se o grande número de nascentes encontradas na região e a pequena distância entres esses pontos e as áreas de recarga, pressupõe-se que o tempo de permanência das águas subterrâneas nesse aquífero superficial seja curto. A descarga deste sistema é feita em nascentes que se localizam em praticamente todos os talwegues modelados no terreno. Na área de estudo (complexo minerário) todas estas nascentes drenam para o Córrego Lamarão. É importante destacar que, a montante da área da cava, na porção sul, todas as nascentes drenam para este córrego.

Em virtude do que foi apresentado anteriormente podem ser levantados alguns pontos importantes: primeiro, a constatação da baixa disponibilidade hídrica subterrânea na área do projeto, em função tanto da baixa pluviosidade no local como da baixa taxa de infiltração de água durante os eventos de precipitação. Caso a infiltração de água para subsuperfície fosse maior, haveria capacidade de seu armazenamento no aquífero granular. Outro aspecto é o de que o armazenamento de água subterrânea nas áreas é baixo e se concentra, principalmente, no sistema aquífero fraturado.

Já a construção do modelo numérico, destinado a avaliar os fluxos na área de estudo antes e durante o rebaixamento da cava e da implantação das barragens, compreendeu as seguintes etapas:

- **Construção do modelo numérico:** baseou-se nas informações do modelo conceitual, onde se incluiu a definição dos limites do domínio, a geometria das unidades hidroestratigráficas, a definição da malha de cálculo, as condições de contorno, as taxas de recarga, os parâmetros hidráulicos e os poços de monitoramento para avaliar as respostas do modelo;
- **Calibração:** etapa onde foi realizada a verificação da capacidade do modelo de reproduzir as condições hidrogeológicas. Para isso, foi feito uma comparação entre os valores observados e calculados de nível d'água com intuito de se chegar em um erro aceitável e situação condizente com o descrito no modelo conceitual.

- **Simulações:** foram realizadas em regime estacionário (equilíbrio), utilizando-se dos mesmos parâmetros hidráulicos calibrados. Foram considerados dois cenários:
 - o Cenário 1: máximo rebaixamento da cava, sem as estruturas de represamento (exclusivamente por recarga natural); e
 - o Cenário 2: máximo rebaixamento incluindo as águas infiltradas pelas barragens e *backfill*.

A avaliação de impactos buscou comparar as condições de fluxo estabelecidas durante a calibração do modelo, situação antes do empreendimento, com as alterações provocadas mediante o máximo rebaixamento e implantação das estruturas de represamento (simulação cenário 2). Das 48 nascentes perenes cadastradas na área, 30 delas estão localizadas sob a área de influência direta das estruturas (Figura 4.1.4-20), sendo:

- 7 na área da Cava;
- 5 na área da barragem 02;
- 7 na área da barragem 01;
- 11 nos reservatórios de água.

As demais nascentes, localizadas a margem direita do córrego Lamarão, de acordo com o modelo, não serão afetadas pelo rebaixamento.

Para elucidar as alterações no sistema hídrico, as curvas equipotenciais da calibração foram subtraídas das curvas equipotenciais da simulação (cenário 2) e estão apresentados na Figura 4.1.4-21. Observa-se nas curvas em tons vermelhos a extensão do cone de rebaixamento. As curvas estão espaçadas de 5 e 5 metros, sendo o maior rebaixamento da ordem de 215 metros na região do pit. Ademais, nota-se que apesar do cone de rebaixamento interferir no canal principal do córrego Lamarão, no trecho próximo a cava, o cone não atinge as nascentes da margem direita.

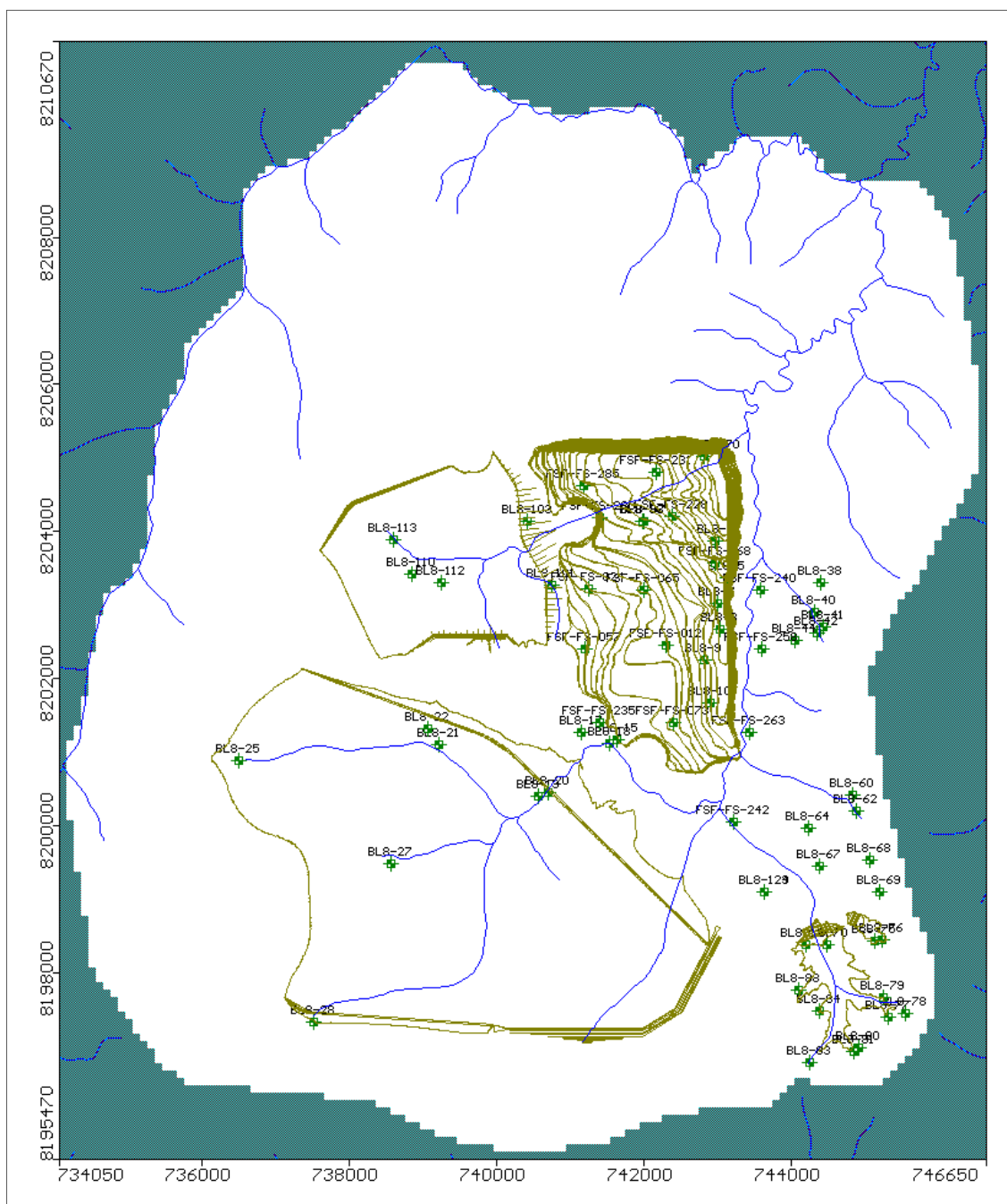
Observa-se também na Figura 4.1.4-21 a influência das estruturas de represamento da água, as quais produzem uma recarga artificial local alterando as cargas hidráulicas positivamente. Esta recarga limita a extensão do cone de rebaixamento a sul da área, garante o fluxo nas nascentes da margem direita do córrego Lamarão, além de aumentar o fluxo nas nascentes da margem direita do córrego Mundo Novo.

A análise das vazões de descarga nas drenagens revelou uma redução de 19% da vazão de base na sub-bacia do córrego Lamarão e um acréscimo na vazão de base do córrego Mundo Novo. Conforme mencionado anteriormente, os valores obtidos têm influência direta tanto do rebaixamento quanto da presença das barragens, que são estruturas capazes de aumentar a recarga local. O acréscimo observado na vazão de base do córrego Mundo Novo é provado pela presença das barragens de rejeitos, as quais induzem uma alteração nos divisores de água entre as duas sub-bacias modeladas. A infiltração destas barragens contribui nos fluxos de base, tanto do córrego Mundo Novo, quanto no do córrego Lamarão. De modo geral, observa-se uma redução nos fluxos de base da ordem de 5%, o que equivale a aproximadamente 21 L/s. Essa vazão é inferior a vazão do rebaixamento, podendo ser um impacto gerenciado e mitigado ao longo da operação. O Quadro 4.1.4-25 apresenta a comparação das vazões de base obtidas durante o processo de calibração e de simulação do máximo rebaixamento.

QUADRO 4.1.4-25 - Alteração nas vazões de base das sub-bacias dos córregos Lamarão e Mundo Novo

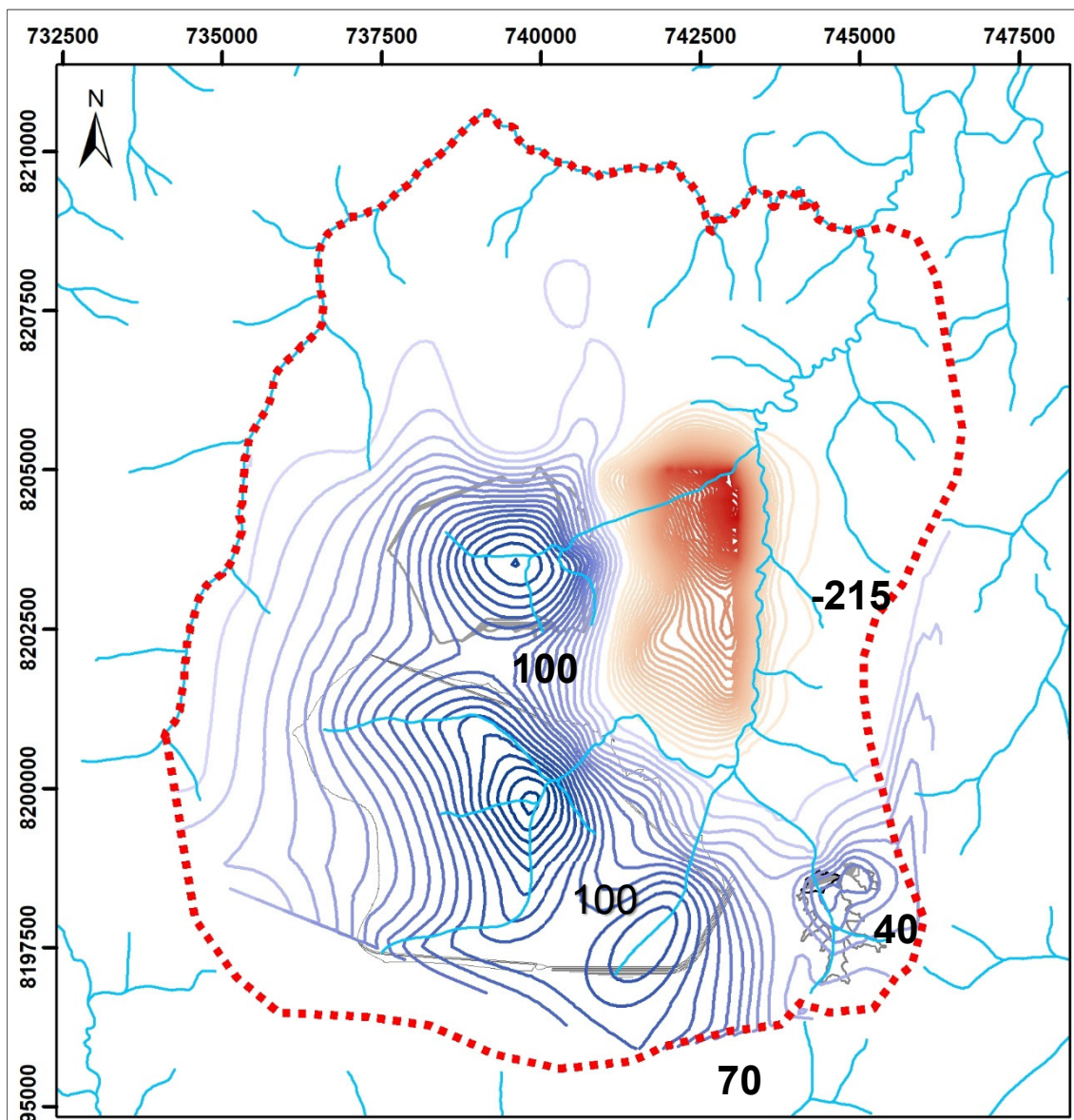
Localização	Vazão de calibração (L/s)	Vazão simulada (L/s)	Variação
Córrego Lamarão	273,6	221,6	- 19%
Córrego Mundo Novo	114,7	145,5	+27%
Total	388,2	367,1	- 5%

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-20 - Localização das nascentes cadastradas sob as futuras estruturas

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-21 - Variação de carga hidráulica para as condições de simulação do cenário 2



OBS: Curvas espaçadas de 5 e 5 m. Vermelhas negativas. Azuis positivas
 Fonte: WALM, 2018.

Após cessar o sistema de bombeamento para rebaixamento, ocorrerá o aporte de água subterrânea em direção a cava, iniciando o processo de enchimento do lago da cava. O enchimento ocorrerá a longo prazo, até atingir novamente a carga hidráulica de equilíbrio do aquífero, próximo a cota 700 m.a.n.m.. Esse processo pode levar dezenas de anos, uma vez que ocorrerá também uma grande perda da água armazenada na cava para evaporação.

As principais conclusões obtidas pela WALM são listadas a seguir:

- Foram determinadas 6 unidades hidroestratigráficas, sendo três em ordem descendente de profundidade do metadiamicrito estéril, e outros três com a variação do grau intemperismo do minério, a saber: Solo, diamicrito estéril friável, diamicrito estéril compacto, diamicrito hemático friável, diamicrito hemático semi-compacto e diamicrito hemático compacto;
- A natureza argilosa dos materiais produz uma lenta infiltração, favorecendo o escoamento superficial. Desta forma, a elevada taxa de escoamento superficial combinada com o baixo índice pluviométrico da região e a alta evaporação, faz com que a taxa de recarga seja muito baixa;
- A estimativa de recarga foi estabelecida a partir do valor médio do excedente hídrico acumulado nos meses em que pluviometria supera a evaporação, equivalente ao acumulado de 290 mm/ano. Para tanto, foi suposto uma recarga máxima de 50% do excedente hídrico e uma mínima de 10%, ou seja, a recarga deve estar entre 145 e 30 mm/ano;
- Considerando a natureza de aquíclode (formação sem capacidade de armazenamento e condução de águas subterrâneas) das rochas no entorno da lavra, representado pelos metadiamicritos compactos, não fraturados, os limites do modelo hidrogeológico, restringiram-se as sub-bacias dos córregos Lamarão e Mundo Novo;
- A calibração em regime permanente do modelo pôde reproduzir, em termo gerais, as direções de fluxo predominante e o nRMS obtido considerando o espectro completo de níveis é de 3,3%;
- O erro do balanço de massa do modelo foi inferior a 1% indicando uma adequada convergência e representatividade;
- Optou-se por apresentar os resultados em dois cenários distintos, individualizando a retirada de água do aquífero abastecido exclusivamente por recarga natural (cenário 1) e o rebaixamento incluindo as águas infiltradas pelas barragens e *backfill* (cenário 2), possibilitando diferenciar a influência das estruturas de represamento no rebaixamento;
- De acordo com a simulação do Cenário 1, onde não há influência das estruturas de represamento, a expectativa de bombeamento necessária para o desaguamento é da ordem de 51 L/s (183 m³/h), que corresponde aos anos iniciais de lavra;
- De acordo com a simulação do Cenário 2, a expectativa de bombeamento necessária para o desaguamento é da ordem de 60 L/s (241 m³/h), considerando apenas os reservatórios e barragens de rejeitos, que corresponde aos anos de operação da lavra considerando as barragens de rejeito em plena operação. E da ordem de 102 L/s (367 m³/h), quando estabelecido o arranjo final do *backfill*;
- Para o Cenário 2 ressalta-se a importância de se considerar, em uma etapa futura de operação, quando se dispuser de ensaios nos rejeitos, as incertezas provenientes da taxa de infiltração das barragens de rejeitos, diretamente dependentes da condutividade hidráulica dos rejeitos. Além disso, também a incerteza relacionada a estimativa de infiltração do *backfill*;
- As nascentes impactadas serão aquelas que estão na área de influência direta das estruturas, ou seja, sob a área de implantação;
- Por meio da comparação das equipotenciais do estado estacionário e do máximo rebaixamento, obtém-se o maior rebaixamento da ordem de 215 metros na região do *pit*. Ademais, observou-se que apesar do cone de rebaixamento interferir no canal principal do córrego Lamarão, no trecho próximo a cava, o cone não atinge as nascentes da margem direta do mesmo;

- A análise das vazões de descarga nas drenagens revelou uma redução de 19% da vazão de base na sub-bacia do córrego Lamarão e um acréscimo na vazão de base do córrego Mundo Novo. Os valores obtidos têm influência direta tanto do rebaixamento quanto da presença das barragens, que são estruturas capazes de aumentar a recarga local;
- De modo geral, observa-se uma redução nos fluxos de base da ordem de 5%, o que equivale a aproximadamente 21 L/s. Essa vazão é inferior a vazão do rebaixamento, podendo ser um impacto gerenciado e mitigado ao longo da operação;
- A redução do fluxo de base decorrente das atividades minerárias deverá ser compensada por direcionamento de parte da vazão bombeada da cava, em torno de 21 l/s (76 m³/h) para a calha do córrego Lamarão.

Ressalta-se que existem, como em qualquer modelo hidrogeológico, elementos do modelo conceitual que requerem a incorporação de maiores informações e o aprimoramento do nível de certeza dos intervalos de variação dos seus parâmetros. A modelagem numérica fornece apenas uma expectativa dos quantitativos de vazão de desaguamento e de possível reposição em função dos impactos. Os valores efetivos de reposição serão definidos sempre pelo monitoramento contínuo das águas circulantes na região ao longo da vida útil do empreendimento.

A presença de rochas de baixa permeabilidade favorece a utilização de drenos, canaletas e *sumps* para o rebaixamento, no entanto, estudos de métodos de desaguamento da mina deverão ser realizados.

O modelo numérico incorporou uma grande quantidade de dados gerados pela própria SAM, como topografia natural, topografia de projetos, dados de monitoramentos e informações geológicas na região da cava. No entanto, outras informações foram baseadas em referências bibliográficas e estudos anteriores. A seguir estão listados os principais pontos que implicaram em limitação deste modelo:

- A utilização do método numérico de diferenças finitas não permite o refinamento em locais estratégicos, como, por exemplo, na região dos córregos, dificultando associação precisa das cargas hidráulicas;
- Ausência de monitoramento das vazões nos principais cursos d'água.

Posto isto, foi recomendada a continuidade no monitoramento que vem sendo realizado, a realização de testes hidráulicos específicos e periódicas atualizações do modelo durante a operação do empreendimento.

4.1.4.4 - Caracterização da Potencialidade de Geração de Drenagens Ácidas

Dado que a unidade de metadiamictitos estéreis da lapa da mineralização e algumas raras interseções do metadiamictito mineralizado são portadores de traços de sulfeto (pirita), foi realizado estudo de predição de DAM (drenagem ácida da mina) para avaliar se haverá potencialidade, ou não, de geração de acidez nas futuras disposições do Projeto Bloco 8.

Os trabalhos de caracterização preliminar da potencialidade de geração de drenagens ácidas foram elaborados pela AECOM do Brasil Ltda., com a coleta de dezenove amostras de rochas encaixantes e de minério a partir de testemunhos de nove furos de sondagem representativos das diversas partes do depósito.

As amostras foram compostas por várias porções de cada intervalo, pesando cerca de 1,20 a 3,20 kg cada uma, dependendo do tamanho ou da quantidade de intervalos amostrados. Para cada amostra foi confeccionada uma ficha descritiva. Foram no estudo adotadas as seguintes nomenclaturas para as litologias de rocha amostradas:

- DHF = Metadiamictito Hematítico Friável;
- DHC = Metadiamictito Hematítico Compacto;
- DHS = Metadiamictito Hematítico Semicompacto;
- DI = Metadiamictito Estéril;
- CG = Duricrosta laterítica.

O Quadro 4.1.4-26 apresenta as principais características de cada amostra. As amostras de rocha foram enviadas ao laboratório para realização de ensaios de avaliação do potencial de geração de drenagem ácida de rocha - DAM.

QUADRO 4.1.4-26 - Amostras compostas para o estudo de predição DAM.

Amostra	Litologias	Intervalos amostrados (m)	Furo de sonda	Coordenadas	
				X	Y
AM-1-BL8-SAM	DHF/CG/DHC/DI	11,38 a 12,69 23,80 a 25,27 48,55 a 87,68 103,52 a 108,12	FSF-FS-073	742.403,83	8.201.400,22
AM-1A-BL8-SAM	DHF/CG/DHC/DI	11,38 a 12,69 23,80 a 25,27 48,55 a 87,68 103,52 a 108,12	FSF-FS-073	742.403,83	8.201.400,22
AM-2-BL8-SAM	DHF/DHS/DI	27,25 a 30,28 34,60 a 36,10 51,20 a 52,05 65,00 a 78,15	FSF-FS-101	741.401,26	8.202.403,07
AM-3-BL8-SAM	DHF/DHS/DHC	17,05 a 22,17 50,30 a 72,45 118,20 a 121,03	FSF-FS-151	742.597,27	8.203.197,59
AM-4-BL8-SAM	DHF/DI/DHS/DHC	3,67 a 10,65 41,94 a 45,13 45,13 a 57,17 73,59 a 103,15	FSF-FS-270	742.820,67	8.205.016,72
AM-4A-BL8-SAM	DHF/DI/DHS/DHC	3,67 a 10,65 41,94 a 45,13 45,13 a 57,17 73,59 a 103,15	FSF-FS-270	742.820,67	8.205.016,72
AM-5-BL8-SAM	DHF/DHC	23,12 a 26,34 41,24 a 54,00 75,18 a 96,84	FSF-FS-280	741.400,74	8.204.194,91
AM-6-BL8-SAM	DHS	17,90 a 36,50	FSF-FS-326	743.832,11	8.202.168,47
AM-7-BL8-SAM	DHS/DHC	47,94 a 72,52 75,52 a 89,70 89,70 a 100,05	FSF-FS-326	743.832,11	8.202.168,47

Amostra	Litologias	Intervalos amostrados (m)	Furo de sonda	Coordenadas	
				X	Y
AM-7A-BL8-SAM	DHS/DHC	47,94 a 72,52 75,52 a 89,70 89,70 a 100,05	FSF-FS-326	743.832,11	8.202.168,47
AM-9-BL8-SAM	DI	18,29 a 23,08 32,64 a 34,23 48,82 a 56,69 61,96 a 66,34	FSF-FS-435	743.800,86	8.204.185,94
AM-9A-BL8-SAM	DI	18,29 a 23,08 32,64 a 34,23 48,82 a 56,69 61,96 a 66,34	FSF-FS-435	743.800,86	8.204.185,94
AM-10-BL8-SAM	DHC	144,49 a 156,05	FSF-FS-435	743.800,86	8.204.185,94
AM-11-BL8-SAM	DI/DHC	237,22 a 238,84 259,60 a 292,20 320,16 a 330,11 343,28 a 345,17	FSF-FS-435	743.800,86	8.204.185,94
AM-12-BL8-SAM	DHF/DHS/DHC	20,68 a 26,30 37,33 a 41,47 116,32 a 120,99	FSF-FS-447	743.988,13	8.200.529,48
AM-13-BL8-SAM	DHC/DI	168,15 a 180,16 180,16 a 186,03	FSF-FS-447	743.988,13	8.200.529,48
AM-14-BL8-SAM	DI	14,96 a 18,08 58,00 a 63,00 78,00 a 81,00	FSF-FS-454	743.952,06	8.203.112,82
AM-15-BL8-SAM	DHC	83,45 a 104,37	FSF-FS-454	743.952,06	8.203.112,82

Fonte: AECOM, 2011.

O Quadro 4.1.4-27 apresenta a especiação do enxofre (fonte geradora de acidez após a sua oxidação) e é importante para avaliar, preliminarmente, o potencial de acidez que as amostras de rocha possuem.

QUADRO 4.1.4-27 - Especiação de enxofre nas amostras.

Amostra	% de sulfeto	% de sulfato	% de S total
1 AM1-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
2 AM1A-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
3 AM2-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
4 AM3-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
5 AM4-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
6 AM4A-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
7 AM5-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
8 AM6-BL8-SAM	<0.01	<0.01	<0,01
9 AM7-BL8-SAM	0,01	0,07	0,08
10 AM7A-BL8-SAM	<0,01	0,01	0,01

Amostra		% de sulfeto	% de sulfato	% de S total
11	AM8-BL8-SAM	<0,01	<0,01	<0,01
12	AM9-BL8-SAM	<0,01	0,15	0,15
13	AM9A-BL8-SAM	0,37	0,02	0,39
14	AM10-BL8-SAM	<0,01	0,01	0,01
15	AM11-BL8-SAM	<0,01	<0,01	<0,01
16	AM12-BL8-SAM	<0,01	<0,01	<0,01
17	AM13-BL8-SAM	<0,01	0,01	0,01
18	AM14-BL8-SAM	<0,01	0,01	0,49
19	AM15-BL8-SAM	<0,01	0,02	0,02

Fonte: AECOM, 2011.

Embora os sulfetos estejam presentes nas rochas da área, a quantidade, a princípio (em geral $S < 0,01\%$) não apresenta risco, em termos de geração de água ácida na área, conforme indicam os ensaios estáticos realizados.

Também se pode observar nos resultados das análises químicas da maior parte das amostras de rocha que a percentagem de enxofre total é superior à percentagem de sulfeto, o que evidencia que está ocorrendo a oxidação destes minerais. Contudo, a oxidação do sulfeto não necessariamente estará gerando acidez, como pode ser verificado pela razão entre o potencial de neutralização (PN) e o potencial de acidez (PA), que é sempre maior que 2, ou seja, existe um potencial maior de neutralização desse material do que o potencial de geração de acidez dessas amostras.

O Quadro 4.1.4-28 apresenta os resultados do potencial de acidez (PA), potencial de neutralização (PN) e suas respectivas relações de neutralização ($PNA = PN - PA$) e de razão ($RPN = PN/PA$). Para efeito de cálculo estatístico, os valores de $PA < 0,31$ foram multiplicados por um fator conservador de 0,5, resultando em valores de $PA = 0,155$.

QUADRO 4.1.4-28 - Potenciais de acidez (PN) e neutralização (PA)

Amostra		PN	PA	PA (X 0,5)*	PNA	RPN
1	AM1-BL8-SAM	19,00	<0,31	0,155	18,845	122,580
2	AM1A-BL8-SAM	15,75	<0,31	0,155	15,595	101,612
3	AM2-BL8-SAM	5,50	<0,31	0,155	5,345	35,483
3	AM3-BL8-SAM	26,50	<0,31	0,155	26,345	170,967
5	AM4-BL8-SAM	50,25	<0,31	0,155	50,095	324,193
6	AM4A-BL8-SAM	51,00	<0,31	0,155	50,845	329,032
7	AM5-BL8-SAM	37,50	<0,31	0,155	37,345	241,935
8	AM6-BL8-SAM	15,50	<0,31	0,155	15,345	100,000
9	AM7-BL8-SAM	118,50	0,44	0,44	118,06	270,86
10	AM7A-BL8-SAM	79,50	<0,31	0,155	79,345	512,903
11	AM8-BL8-SAM	32,50	<0,31	0,155	32,345	209,677
12	AM9-BL8-SAM	107,00	<0,31	0,155	106,845	690,322
13	AM9A-BL8-SAM	105,25	11,44	11,44	93,81	9,200
14	AM10-BL8-SAM	58,00	<0,31	0,155	57,845	374,193

Amostra		PN	PA	PA (X 0,5)*	PNA	RPN
15	AM11-BL8-SAM	44,00	<0,31	0,155	43,845	283,870
16	AM12-BL8-SAM	48,50	<0,31	0,155	48,345	312,90
17	AM13-BL8-SAM	118,75	<0,31	0,155	118,595	766,129
18	AM14-BL8-SAM	116,50	15,06	15,06	101,44	7,735
19	AM15-BL8-SAM	80,50	<0,31	0,155	80,345	519,354

Fonte: AECOM, 2011.

Outra forma importante de analisar o potencial de geração de acidez das amostras é pela obtenção da razão entre o potencial de neutralização e o potencial de acidificação. Caso essa razão seja maior que um, existirá uma probabilidade maior de não acidificação das soluções intersticiais das rochas.

Os valores do potencial de neutralização, dividido pelo potencial de acidificação, se apresentam maiores que dois em 100% das amostras. Esse fato aponta que, apesar de estar ocorrendo oxidação nas amostras, a quantidade de carbonatos e silicatos consumidores de prótons (H^+) presentes nessas amostras estão atuando para neutralizar a geração de acidez.

Do conjunto de amostras, 16 delas foram submetidas a análises químicas de Lixiviação SPLP e interpretadas comparando-se os resultados com os valores máximos permitido para lançamento de efluente, determinados pela Resolução CONAMA 357/2008.

Essa avaliação visou avaliar a potencial qualidade do efluente da disposição de estéril, com o objetivo de subsidiar estudos e projeto de drenagem dos sistemas de disposição de estéril. Observa-se que todas as amostras apresentaram resultados inferiores aos limites máximos estipulados para efluentes, para todos os parâmetros avaliados.

QUADRO 4.1.4-29 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (a)

Parâmetros	Unidade	Conama 357/2005 efluente	Bulk de análise	Amostras			
				AM1-BL8-SAM	AM1A-BL8-SAM	AM2-BL8-SAM	AM3-BL8-SAM
				19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011
Peso Amostra (NaOH)	g	-	N,A,	50,0	50,0	50,0	50,0
Volume (NaOH)	mL	-	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Tempo Lixiviação (NaOH)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com NaOH	-	-	13,29	13,22	13,22	13,30	13,23
Peso Amostra (Solução)	g	-	N,A,	25,0	25,0	25,0	25,0
Volume (Solução)	mL	-	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
Tempo Lixiviação (Solução)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com solução	-	-	6,93	6,87	7,07	7,47	6,78
Umidade	%	-	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,
Arsênio Total	mg As/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Selênio Total	mg Se/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Total	mg CN-/L	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercúrio Total	mg Hg/L	0,01	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Prata Total	mg Ag/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bário Total	mg Ba/L	5,0	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Cádmio Total	mg Cd/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg Pb/L	0,5	0,02	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: AECOM, 2011.

QUADRO 4.1.4-30 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (b)

Parâmetros	Unidade	Conama 357/2005 efluente	Bulk de análise	Amostras			
				AM4-BL8-SAM	AM4A-BL8-SAM	AM5-BL8-SAM	AM6-BL8-SAM
				19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011
Peso Amostra (NaOH)	g	-	N,A,	50,0	50,0	50,0	50,0
Volume (NaOH)	mL	-	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Tempo Lixiviação (NaOH)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com NaOH	NOUNIT	-	13,29	13,26	13,24	13,28	13,18
Peso Amostra (Solução)	g	-	N,A,	25,0	25,0	25,0	25,0
Volume (Solução)	mL	-	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
Tempo Lixiviação (Solução)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com solução	NOUNIT	-	6,93	7,21	6,85	7,28	6,71
Umidade	%	-	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,
Arsênio Total	mg As/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Selênio Total	mg Se/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Cianeto Total	mg CN-/L	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercúrio Total	mg Hg/L	0,01	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Prata Total	mg Ag/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bário Total	mg Ba/L	5,0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cádmio Total	mg Cd/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg Pb/L	0,5	0,02	<0,01	<0,01	0,02	0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: AECOM, 2011.

QUADRO 4.1.4-31 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (c)

Parâmetros	Unidade	Conama 357/2005 efluente	Bulk de análise	Amostras			
				AM9-BL8-SAM	AM9A-BL8-SAM	AM10-BL8-SAM	AM11-BL8-SAM
				19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011
Peso Amostra (NaOH)	g	-	N,A,	50,0	50,0	50,0	50,0
Volume (NaOH)	mL	-	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Tempo Lixiviação (NaOH)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com NaOH	NOUNIT	-	13,29	13,24	13,28	13,24	13,25
Peso Amostra (Solução)	g	-	N,A,	25,0	25,0	25,0	25,0
Volume (Solução)	mL	-	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
Tempo Lixiviação (Solução)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com solução	NOUNIT	-	6,93	7,14	7,34	7,40	7,47
Umidade	%	-	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,
Arsênio Total	mg As/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Selênio Total	mg Se/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Total	mg CN-/L	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercúrio Total	mg Hg/L	0,01	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Prata Total	mg Ag/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bário Total	mg Ba/L	5,0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cádmio Total	mg Cd/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg Pb/L	0,5	0,02	0,05	0,02	0,02	0,03
Cromo Total	mg Cr/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: AECOM, 2011.

QUADRO 4.1.4-32 - Resultado analítico do ensaio de lixiviação SPLP (d)

Parâmetros	Unidade	Conama 357/2005 efluente	Bulk de análise	Amostras			
				AM12-BL8-SAM	AM13-BL8-SAM	AM14-BL8-SAM	AM15-BL8-SAM
				19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011
Peso Amostra (NaOH)	g	-	N,A,	50,0	50,0	50,0	50,0
Volume (NaOH)	mL	-	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Tempo Lixiviação (NaOH)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com NaOH	-	-	13,29	13,25	13,27	13,27	13,27
Peso Amostra (Solução)	g	-	N,A,	25,0	25,0	25,0	25,0
Volume (Solução)	mL	-	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
Tempo Lixiviação (Solução)	H	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
pH com solução	-	-	6,93	7,25	7,57	7,25	7,52
Umidade	%	-	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,	N,A,
Arsênio Total	mg As/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Selênio Total	mg Se/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Total	mg CN-/L	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mercúrio Total	mg Hg/L	0,01	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Prata Total	mg Ag/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bário Total	mg Ba/L	5,0	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cádmio Total	mg Cd/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg Pb/L	0,5	0,02	0,04	0,02	0,01	0,04
Cromo Total	mg Cr/L	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: AECOM, 2011.

Com base nos resultados analíticos do enxofre (% S), observa-se que os valores são muito baixos. Apenas as amostras AM7, AM9, AM9A e AM10 apresentaram concentrações acima de 0,01%, sendo 0,39% o maior valor de todo o conjunto, encontrado na amostra AM-13. A parcela de enxofre preponderante nessa amostra é a proveniente do sulfeto, que alcança 0,37% do total da rocha, enquanto os demais 0,02% são originários do sulfato, indicando que os efeitos da oxidação de sulfetos se apresentam em baixíssima intensidade.

De acordo com os resultados obtidos para o Potencial de Neutralização Apurado e fortemente positivos, as litologias analisadas podem ser classificadas como potencialmente não produtoras de ácidos ou como fontes não geradoras de drenagem ácida.

Destaca-se que os valores do Potencial de Neutralização são marcadamente superiores aos valores do Potencial de Acidez, resultando numa relação em que os componentes geradores de ácido são neutralizados pelos componentes consumidores.

Essa afirmação pode ser corroborada observando-se os valores de RPN (Razão do Potencial de Neutralização), que também são positivos. Apenas as amostras AM-9A e AM-14 apresentaram valores bem inferiores às demais, entretanto, bastante superiores ao limite de risco (RPN = 3,0) dos padrões internacionais sobre geração de drenagem ácida referendados, por exemplo, pelos estados de British Columbia (Canadá), Califórnia e Montana (EUA), dentre outros.

Os resultados das análises químicas de lixiviação SPLP situam-se, para todas as 16 amostras avaliadas, bem abaixo dos valores máximos permitidos para lançamento de efluentes, para todos os parâmetros determinados pela Resolução CONAMA 357/2008. Assim, também se elimina a preocupação com a potencial qualidade do efluente da disposição de estéril.

4.1.4.5 - Estudos de Ruptura Hipotética das Barragens (*Dam Break*)

Neste item são apresentadas as informações consideradas para os estudos hidrológicos e hidráulicos associados à ruptura hipotética das barragens de rejeito 1 e 2, barragem industrial, do Vale e barragem do rio Vacaria, bem como as premissas utilizadas, o cenário de análise e os resultados encontrados. Os estudos completos, para cada barragem, são apresentados nos Anexos 7 a 11.

De acordo com os resultados apresentados nos estudos de *Dam Break*, podem ser elencadas as seguintes constatações:

Barragem de rejeito 1

- Para a barragem 1 adotou-se a hipótese de ruptura considerando-se o nível de água como no NA normal da barragem, para dois cenários de ruptura: barragem na condição inicial com a cava no ano 7 e na condição final com a cava no ano 18;
- De acordo com a propagação dos hidrogramas de ruptura da barragem 1 pelo vale a jusante, tanto para o cenário inicial, quanto para o cenário final, verificou-se que houve galgamento da barragem do rio Vacaria, localizada 41,0 km a jusante da barragem;

- Na avaliação da propagação do hidrograma de ruptura da barragem 1 pelo vale a jusante, verificou-se que, no cenário final, a mancha se propaga por aproximadamente 399 km a jusante da barragem e no cenário inicial aproximadamente 347 km;

Barragem de rejeito 2

- Foi verificado que a cava é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura da barragem 2 no cenário final mas não é capaz de amortecer o hidrograma de ruptura do cenário inicial.
- Para o cenário inicial, foi verificado que o volume de trânsito de cheias da barragem do rio Vacaria é capaz de amortecer o hidrograma defluente da ruptura da barragem 2.

Barragem do rio Vacaria

- Foi verificado para a barragem do rio Vacaria que a capacidade de amortecimento do hidrograma de ruptura ao longo do rio Jequitinhonha se deu a cerca de 219 km a jusante desta barragem. O critério de parada adotado foi até que a vazão das ondas de ruptura seja menor que a vazão com TR (tempo de recorrência) de 2 anos do rio Jequitinhonha.

Barragem industrial e barragem do Vale

- Foi verificado, para a barragem industrial e para a barragem do Vale que as ondas de ruptura das barragens são amortecidas pelo reservatório da barragem do rio Vacaria, que consegue suportar o hidrograma afluente sem o galgamento da mesma.

4.1.4.5.1 - Generalidades

Neste item são descritas, de forma sucinta, os estudos de ruptura hipotética das barragens de rejeito 1 e 2, das barragens industrial, do Vale e do rio Vacaria, tendo como foco a caracterização da propagação da onda de cheia e delimitação das áreas potencialmente inundáveis à jusante.

Os objetivos destes estudos de ruptura hipotética consistiram em:

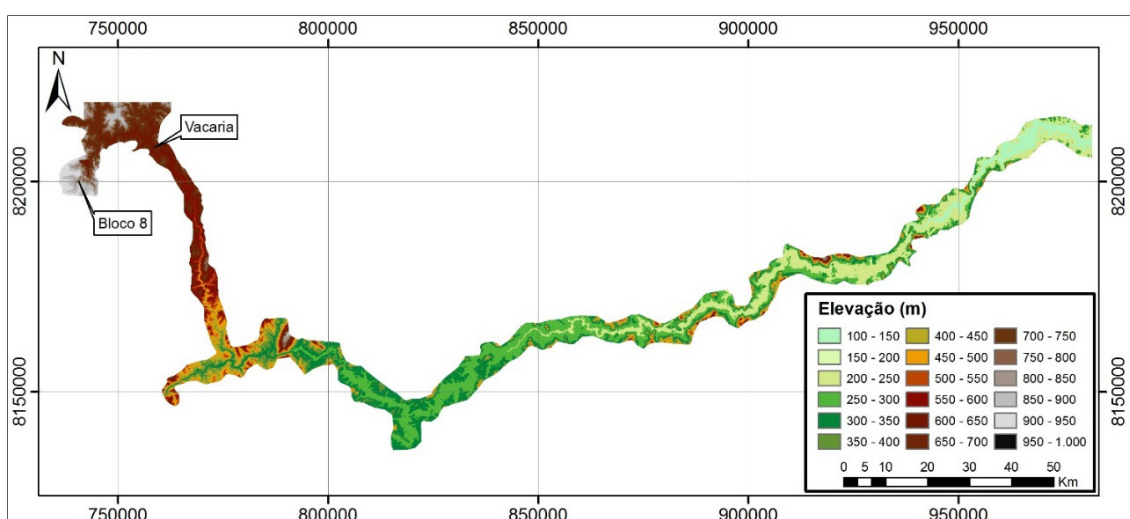
- Caracterizar a área de estudo com a apresentação da região a jusante da barragem;
- Definir os cenários de ruptura hipotética da barragem;
- Determinar os hidrogramas de ruptura da barragem;
- Apresentar a propagação dos hidrogramas defluentes da barragem ao longo da região a jusante;
- Apresentar o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis a jusante da barragem.

4.1.4.5.2 - Informações Básicas

A topografia utilizada no estudo foi definida por curvas de nível, obtidas por meio de aerolevantamento por perfilhamento a laser (ALS - *Airborne LASER Scanning*), fornecido pela SAM na porção da planta, em resolução de metro a metro, complementada por MDE (Modelo Digital de Elevação) elaborado a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Foram determinados dois MDTs (Modelo Digital de Terreno) com cinco metros de resolução distintos, o primeiro apresentando a cava no ano 7 e o segundo apresentando a cava no ano 18. A Figura 4.1.4-22 ilustra um dos MDTs utilizado no estudo.

FIGURA 4.1.4-22 - Ilustração do MDT utilizado no estudo



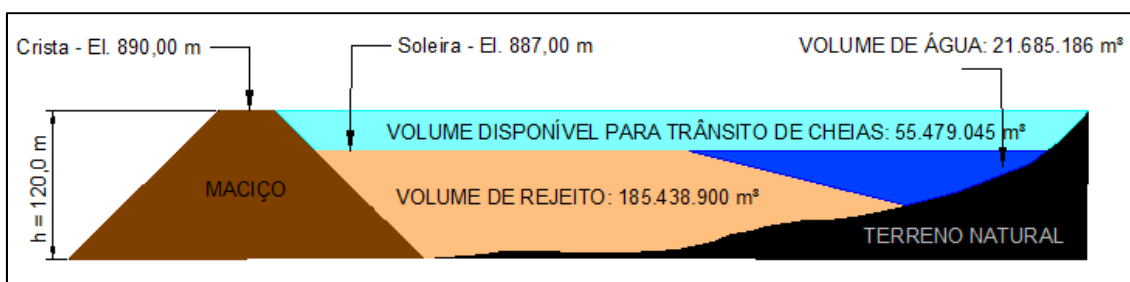
Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.5.3 - Reservatórios das Barragens

Os croquis a seguir ilustram os reservatórios considerados no estudo de ruptura hipotética para cada uma das barragens.

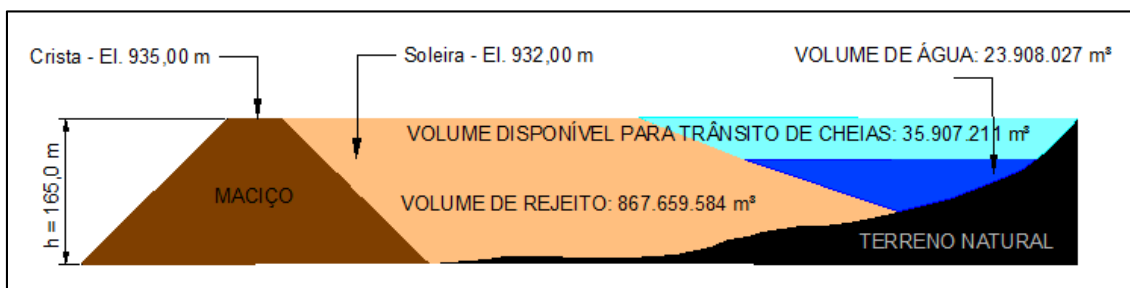
Barragem de rejeito 1

FIGURA 4.1.4-23 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado inicial (sem escala)



Fonte: WALM, 2018.

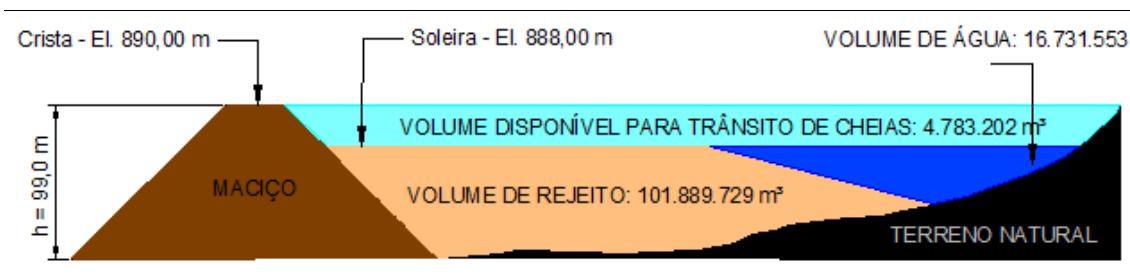
FIGURA 4.1.4-24 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala)



Fonte: WALM, 2018.

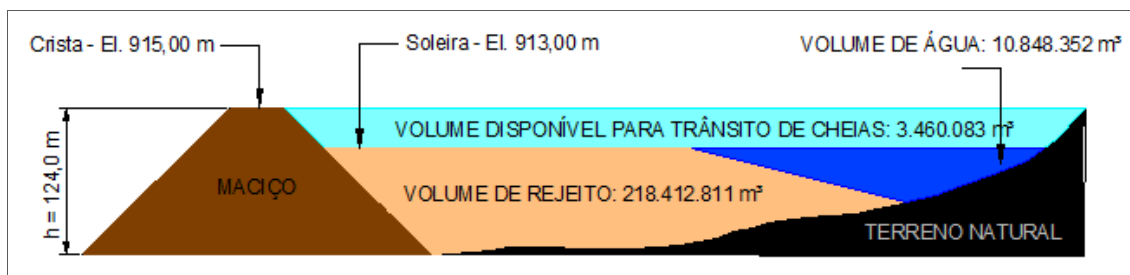
Barragem de rejeito 2

FIGURA 4.1.4-25 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado inicial (sem escala).

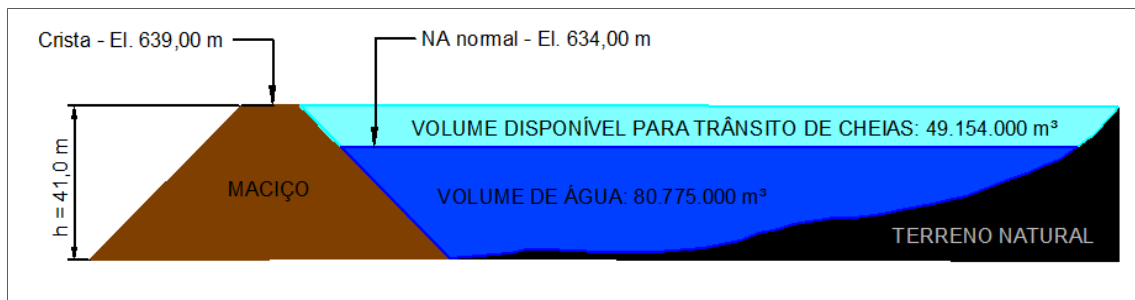


Fonte: WALM, 2018.

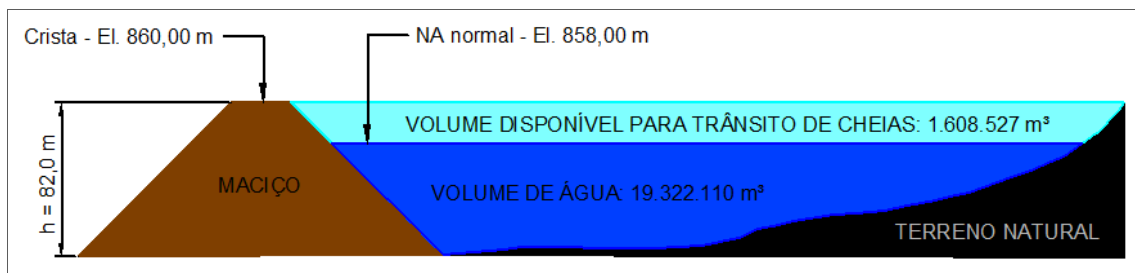
FIGURA 4.1.4-26 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório no estado final (sem escala).



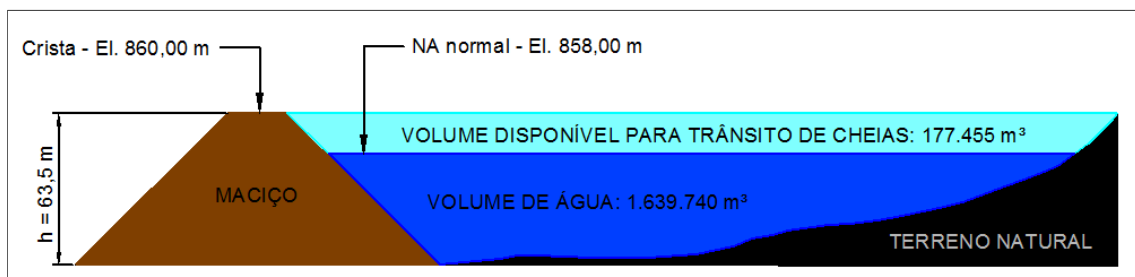
Fonte: WALM, 2018.

Barragem do rio Vacaria**FIGURA 4.1.4-27 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório (sem escala)**

Fonte: WALM, 2018.

Barragem Industrial**FIGURA 4.1.4-28 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório**

Fonte: WALM, 2018.

Barragem do Vale**FIGURA 4.1.4-29 - Croqui esquemático da ocupação do reservatório**

Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.5.4 - Síntese Metodológica

A metodologia utilizada para os estudos pode ser resumida em quatro etapas, a saber:

- Definição dos parâmetros da brecha;
- Determinação do hidrograma de ruptura;
- Propagação da onda de ruptura;
- Mapeamento de áreas potencialmente inundáveis.

Para a determinação do cenário de simulação, foi adotada a metodologia de estudo de ruptura simplificado, como recomendado no documento “*Dam Safety Guidelines - Dam Break Inundation Analysis and Downstream Hazard Classification*”, elaborado pelo *Washington State Department of Ecology* em julho de 1992 e posteriormente revisado em outubro de 2007.

Dessa forma os cenários determinados para a ruptura hipotética foram:

- CENÁRIO INICIAL - Ruptura do dique inicial (somente para barragens 1 e 2), considerando o nível de água do reservatório fixado no NA normal desta etapa no momento da ruptura e a configuração da cava referente ao final do ano 7;
- CENÁRIO FINAL - Ruptura das barragens no estado final (somente para barragens 1 e 2) ou no coroamento de crista (demais barragens), considerando o nível de água do reservatório fixado no NA normal no momento da ruptura e a configuração final da cava referente ao ano 18.

4.1.4.5.5 - Hidrogramas de Ruptura

4.1.4.5.5.1 - Hipóteses de Ruptura e Modo de Falha

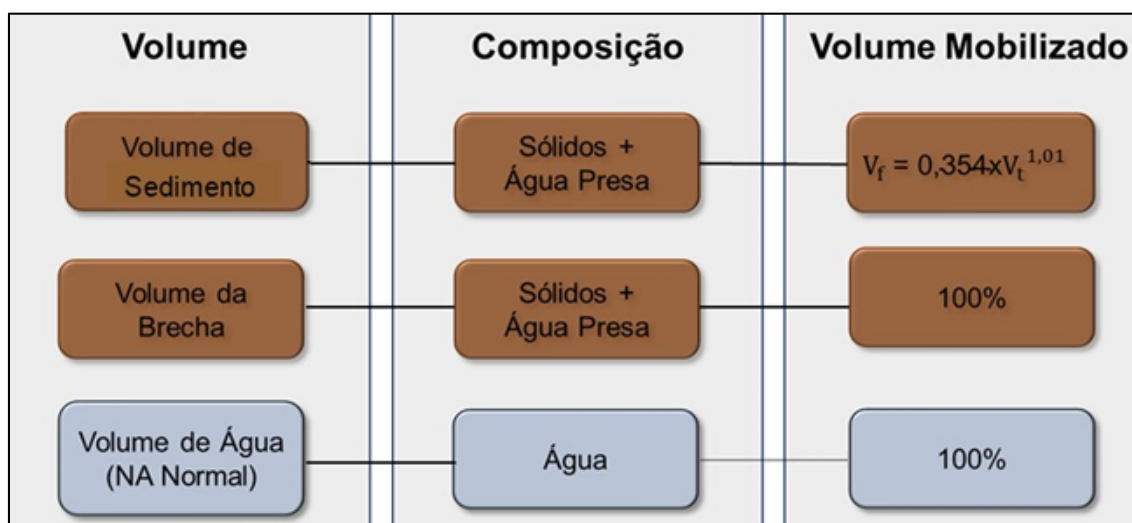
A definição da hipótese de ruptura foi realizada com base na verificação da possibilidade de falha por instabilização da estrutura. Em consequência dessa ruptura ocorre a sobrelevação do nível de água da barragem do rio Vacaria até a crista, acarretando, também, a sua ruptura por galgamento (*overtopping*).

4.1.4.5.5.2 - Definição do Volume de Material Mobilizado

Para as barragens 1 e 2, diferentemente de uma barragem de água, onde todo o material é liberado para jusante em caso de ruptura, para barragens de contenção de rejeitos apenas parte do volume depositado no reservatório é liberado. Para determinação do volume de rejeito escoado foi adotada a correlação entre o volume total do reservatório (V_t) e o volume expelido do reservatório (V_f), apresentado por RICO et al. (2008) descrita pela equação empírica a saber:

$$V_f = 0,354 \times V_t^{1,01}$$

O volume total do hidrograma de ruptura das barragens para os diferentes cenários de análise será composto pelas parcelas apresentadas. Já para as barragem industrial, do Vale e Vacaria, o hidrograma de ruptura é composto por 100% da água do reservatório.

FIGURA 4.1.4-30 - Composição do hidrograma de ruptura em termos de volume

Fonte: WALM, 2018.

4.1.4.5.5.3 - Condições Iniciais e de Contorno

Para a simulação do cenário de simulação foi considerada como condição de contorno de montante o hidrograma de ruptura das barragens e como condição de contorno de jusante foi utilizada a profundidade normal referente à declividade do trecho final.

4.1.4.5.5.4 - Definição do Critério de Parada

Foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a seção em que a vazão do hidrograma de ruptura propagado fosse menor que a vazão com TR de 2 anos do rio Jequitinhonha, que é uma vazão recorrente. À vista disto, foi desenvolvido o estudo de análise de frequência de três estações fluviométricas, pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA), no rio Jequitinhonha. O procedimento adotado para esse estudo está descrito a seguir:

- Análise de consistência dos registros diários de vazão das estações fluviométricas do rio Jequitinhonha, descartando os anos com falhas nos meses de cheia;
- Construção de uma série de vazões máximas anuais;
- Ajuste de uma distribuição de frequência teórica à série;
- A partir da distribuição estudada, estimou-se a vazão com período de retorno de 2 anos.

4.1.4.5.5.5 - Zona de Autossalvamento

De acordo com a Portaria no 70.389/2017 do DNPM, a zona de autossalvamento é definida como a região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. De acordo com os critérios da Portaria, a zona de autossalvamento pode ser definida como a maior entre as distâncias atingidas pela mancha hipotética de ruptura da barragem: 30 (trinta) minutos ou 10 (dez) quilômetros.

A distância atingida pela mancha hipotética de ruptura da barragem 1 nos primeiros 30 (trinta) minutos após o início da propagação do hidrograma é de 7,8 km para o cenário inicial e 10 km para o cenário final, dessa forma a zona de autossalvamento é definida como 10 km a jusante da barragem. Neste caso específico, por questões de segurança e tranquilidade aos moradores, a SAM propõe a relocação das famílias residentes nessa área, sendo, portanto, alvo de programa ambiental relacionado.

4.1.4.5.5.6 - Modelo Matemático-Computacional

Para a propagação de cheias de ruptura (tempo x espaço) e consequente definição de áreas potencialmente inundáveis, utilizou-se o software HEC-RAS (*River Analysis System*), em sua versão 5.0.5, desenvolvido pelo HEC-USACE (*Hydrologic Engineering Center - U. S. Army Corps of Engineers*), o qual efetua cálculos de progressão bidimensional do escoamento. Sendo assim, esse *software* é capaz de determinar as elevações de nível de água e descarga em locais específicos ao longo de um curso de água, baseado na solução das equações de *Saint-Venant*.

Em inundações rápidas, como no caso da ruptura de barragens, a velocidade da frente da onda pode ser suficientemente elevada para provocar danos às pessoas, arrastar edificações e estruturas de construção reforçadas. Os principais parâmetros para se classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao risco hidrodinâmico, dado em m²/s, ilustrando o grau de perigo de uma cheia.

$$\text{Risco Hidrodinâmico} = H \times V$$

4.1.4.5.5.7 - Mapeamento da Inundação

Seções Transversais de Referência

Foram traçadas seções transversais representativas a jusante para detalhamento dos resultados obtidos na modelagem hidráulica.

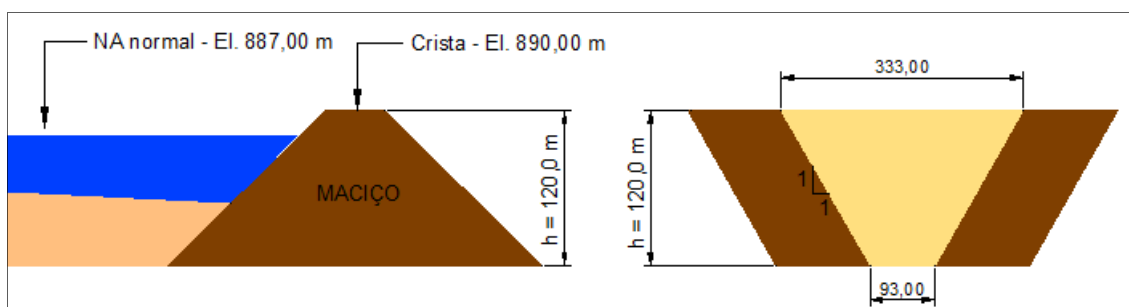
Parâmetros de Inundação Mapeados

Visando subsidiar o Plano de Ação Emergencial, foram gerados mapas de inundação provenientes das modelagens hidráulicas da onda de ruptura, os quais contêm dados de envoltória máxima atingida de cada barragem.

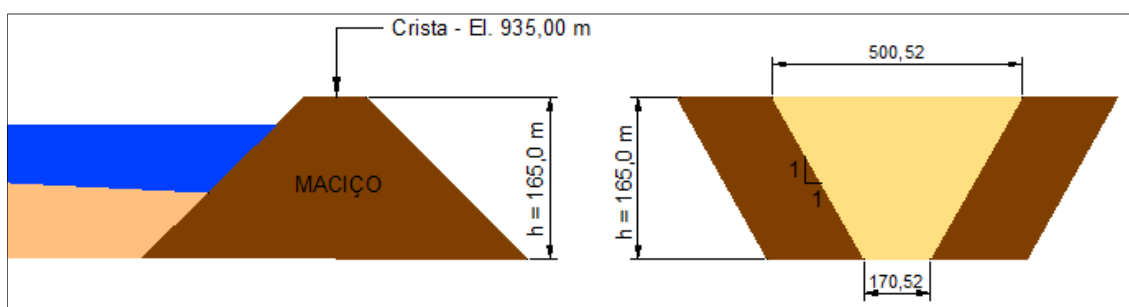
4.1.4.5.6 - Resultados

4.1.4.5.6.1- Hidrogramas de Ruptura

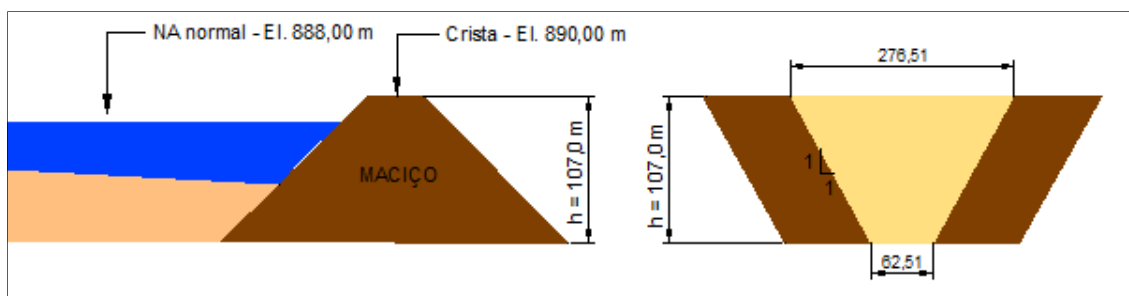
Nas figuras abaixo são apresentados os parâmetros das brechas para os cenários simulados para as barragens.

FIGURA 4.1.4-31 - Croqui da brecha - Barragem de rejeito 1 - Cenário inicial

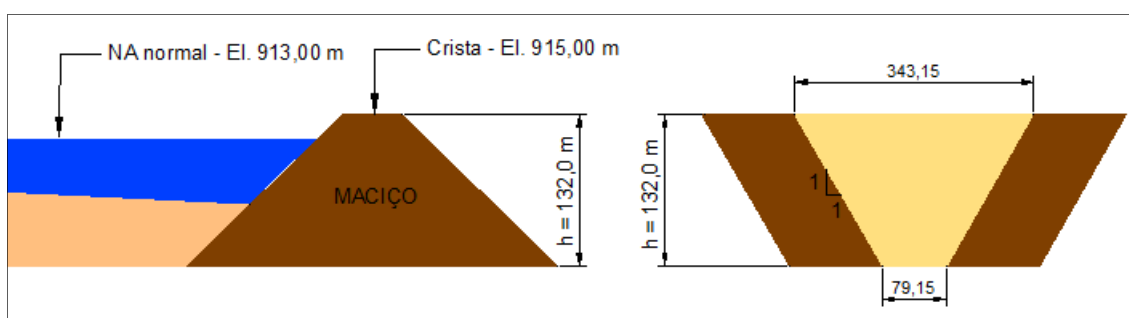
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-32 - Croqui da brecha – Barragem de rejeito 1 - Cenário final

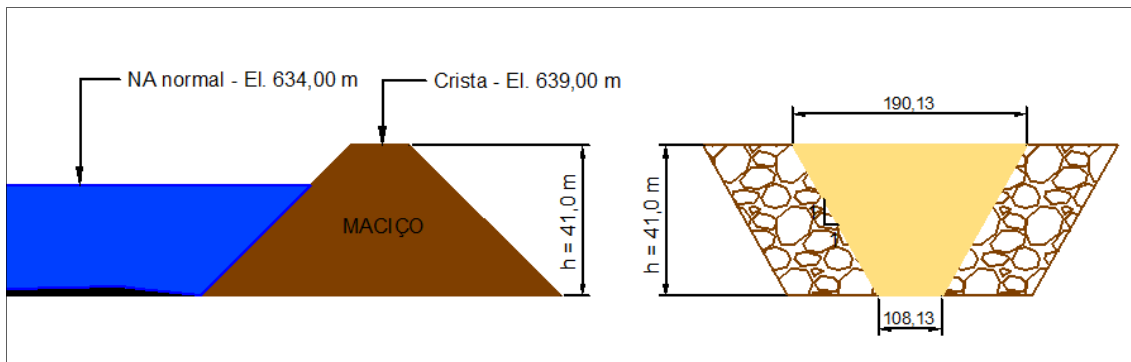
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-33 - Croqui da brecha – Barragem de rejeito 2 - Cenário inicial

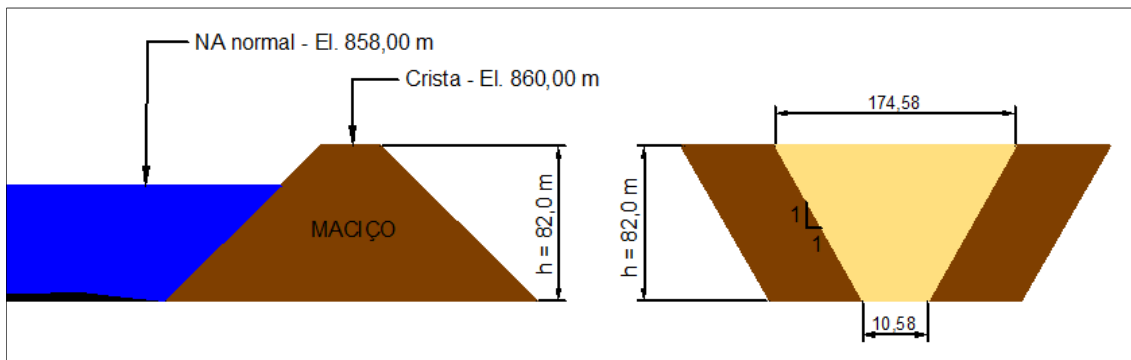
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-34 - Croqui da brecha – Barragem de rejeito 2 - Cenário final

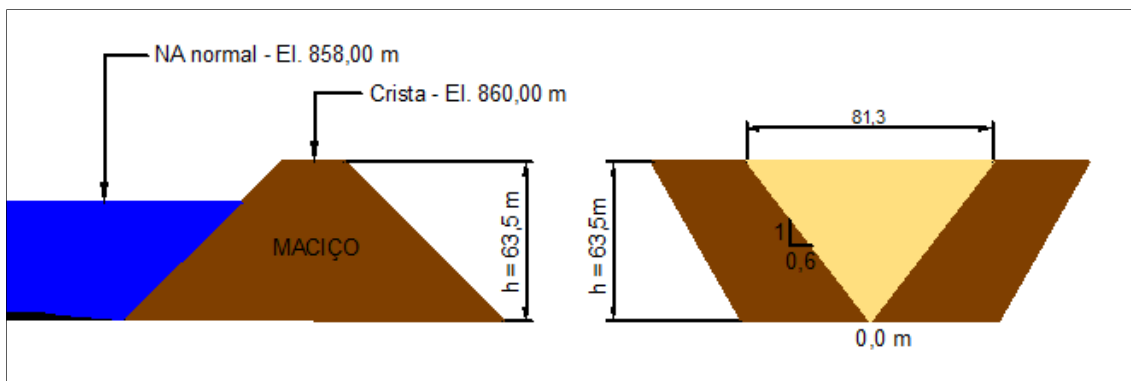
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-35 - Croqui da brecha - Vacaria

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-36 - Croqui da brecha - Barragem Industrial

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.1.4-37 - Croqui da brecha - Barragem do Vale

Fonte: WALM, 2018.

Para obtenção dos hidrogramas defluentes das rupturas hipotéticas foram realizadas a simulação das rupturas no *software* HEC-HMS.

Os hidrogramas resultantes dessas simulações bem como os hidrogramas afluentes ao reservatório da barragem do rio Vacaria mostraram que:

- O volume afluente ao reservatório da barragem do rio Vacaria, no instante da ruptura da barragem 1, é de 80.775.000 m³. Com relação à ruptura da barragem do rio Vacaria, o valor máximo de vazão de pico defluente é de 29.045,60 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da barragem 2, é de 67.623,6 m³/s para o cenário inicial e de 98.318,00 m³/s para o cenário final. A vazão de pico afluente ao reservatório da barragem do rio Vacaria para o cenário inicial é 6.917,5 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura isolada da barragem do rio Vacaria, é de 35.680,80 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da barragem industrial, é de 32.692 m³/s. A vazão de pico afluente ao reservatório da barragem do rio Vacaria é 1.809,8 m³/s;
- O valor máximo de vazão de pico defluente, no instante da ruptura da barragem do Vale, é de 4.561 m³/s. A vazão de pico afluente ao reservatório da barragem do rio Vacaria é 42,5 m³/s.

4.1.4.5.6.2 - Propagação dos Hidrogramas

Os principais resultados da modelagem hidráulica nas seções transversais representativas a jusante, para os cenários simulados estão apresentados nos relatórios de cada barragem apresentados nos Anexos 7 a 11.

Para a Barragem de rejeitos 1

Foi verificada a seção em que a vazão do hidrograma de ruptura propagado era menor que a vazão com TR de 2 anos no rio Jequitinhonha. Portanto, o fim do mapeamento de inundação se deu na seção 55 (347 km a jusante da barragem 1) para o cenário inicial e na seção 60 (399 km a jusante da barragem 1) para o cenário final. Para o cenário inicial, a vazão do hidrograma de ruptura propagado na seção 55 é de 449 m³/s, menor que a vazão associada a um TR de 2 anos 494 m³/s nessa mesma seção. Já para o cenário final, a vazão do hidrograma de ruptura propagado na seção 60 é de 642 m³/s, menor que a vazão associada ao TR de 2 anos 705 m³/s nessa mesma seção.

Para a Barragem de rejeitos 2

Foi utilizada como premissa para o fim do mapeamento de inundação a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na cava da planta da SAM, assim caso a cava tivesse capacidade de reter o hidrograma de ruptura afluente sem o seu transbordamento a mancha de inundação cessaria na cava. No caso em que ocorresse o transbordamento da cava, foi avaliado a possibilidade de parada da ruptura pelo amortecimento que iria ocorrer na barragem do rio Vacaria. Dessa forma, caso o sistema de vertimento dessa tivesse capacidade de escoar o hidrograma de ruptura afluente sem o seu galgamento, a mancha de inundação cessaria no reservatório da barragem do rio Vacaria.

Para a Barragem do rio Vacaria

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, acessos (BR-341, BR-251, BR-367, BR-116 e MG-342, MG_105), pontes, travessias e benfeitorias isoladas são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura. Além desses pontos, núcleos populacionais são parcialmente atingidos. São eles, Coronel Murta, localizado na MG-342, Itinga, localizado na MG-367, Itaobim, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116.

Para a Barragem Industrial e a Barragem do Vale

O critério de parada da onda de ruptura da barragem Industrial e da barragem do Vale adotado foi a capacidade de amortecimento do reservatório da barragem do rio Vacaria, que consegue suportar o hidrograma afluente sem o galgamento da mesma.

4.1.4.5.6.3 - Descrição Resumida do Potencial de Inundação***Na Barragem de rejeitos 1***

A área a jusante da barragem 1 delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) é definida pelo córrego Lamarão, pelo rio Vacaria e pelo rio Jequitinhonha por, aproximadamente, 400 km de curso de água.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, acessos (BR-341, BR-251, BR-367, BR-116 e MG-342, MG_105), pontes, travessias, benfeitorias isoladas e a cava são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura do cenário inicial. Além desses pontos, quatro sedes de municípios são parcialmente atingidos. São eles, Coronel Murta, localizado na MG-342, Itinga, localizado na MG-367, Itaobim, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116 e Jequitinhonha, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116. No Cenário final, além dos acessos e as cidades já citadas, a Cidade Almenara, localizada na MG-367, é atingida.

Conforme resultados do modelamento, foi feita uma estimativa preliminar sobre o tempo máximo de inundação destas sedes municipais, sendo de, aproximadamente, 36 horas para Coronel Murta e 48 horas para Itinga, Itaobim, Jequitinhonha e Almenara

Na Barragem de rejeitos 2

A área a jusante da barragem 2 delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) é definida pelo córrego Mundo Novo e pelo rio Vacaria por, aproximadamente, 14 km de curso de água.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura.

No cenário final apenas a cava da planta da SAM é atingida.

Na Barragem do Rio Vacaria

A área a jusante da barragem do rio Vacaria delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) é definida pelo rio Vacaria e pelo rio Jequitinhonha por, aproximadamente, 219 km de curso de água.

Na ruptura isolada desta barragem, os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, acessos (BR-341, BR-251, BR-367, BR-116 e MG-342, MG_105), pontes, travessias e benfeitorias isoladas são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura. Além desses pontos, alguns núcleos populacionais são parcialmente atingidos. São elas, Coronel Murta, localizado na MG-342, e Itinga, localizado na MG-367 e Itaobim, localizado no cruzamento da MG-367 com a BR-116.

Conforme resultados do modelamento, foi feita uma estimativa preliminar sobre o tempo máximo de inundação destas sedes municipais, sendo de, aproximadamente, 36 horas para Coronel Murta e 48 horas para Itinga, Itaobim, Jequitinhonha e Almenara.

Na Barragem Industrial e na Barragem do Vale

A área a jusante da barragem industrial é delimitada para o desenvolvimento do estudo (*Dam Break*) é definida pelo rio Vacaria por, aproximadamente, 25 km de curso de água.

Os trechos inundados são caracterizados como terreno natural, sendo estas áreas de campo ou de mata, ao longo da calha dos rios, além de áreas antropizadas. Ao longo desses rios algumas vias, travessias, benfeitorias isoladas e a cava da planta da SAM são atingidos pela onda do hidrograma de ruptura.

4.1.4.5.6.4 - Mapas de Inundação

Como resultado dos estudos de *Dam Break*, foram gerados mapas contendo as envoltórias máximas de inundação para os cenários simulados. Estes mapas integram os estudos de cada barragem apresentados nos Anexos 7 a 11.

4.1.4.5.7 - Estudo de Análise de Risco Ambiental

Como parte integrante do presente EIA, também foi elaborado um Estudo de Análise de Risco Ambiental (EARA). A metodologia utilizada foi a Análise Preliminar de Riscos Ambientais (APRA), amplamente utilizada pela BRANDT em processos de licenciamento ambiental de empreendimentos em geral.

No EARA foram identificados eventos perigosos operacionais, naturais, ambientais e sociais, as principais causas e efeitos ambientais potenciais (impactos) desses eventos perigosos. Também foi apresentada a categoria de risco ambiental para cada cenário, obtida a partir de considerações em termos de severidade (magnitude), frequência, vulnerabilidade e espacialidade, assim como as recomendações/medidas de prevenção e mitigação.

Conforme apresentado na EARA, somente um risco se apresentou como alto, contudo, com possibilidade remota. Tal risco está relacionado ao rompimento de barragens de rejeito e de água. Deve-se observar que sua classificação como “alto” deveu-se à severidade e à escala espacial dos efeitos (catastrófica e afetação de grandes proporções), sendo, entretanto, a probabilidade remota, ou seja, não é esperado que este tipo de evento ocorra.

Este risco foi objeto de Estudos de *Dam Break*, com modelamentos dos efeitos, cujos resultados integram o item 4.1.4.5 e são apresentados nos Anexos 7 a 11.

Em somente uma hipótese modelada nos Estudos de *Dam Break*, extremamente conservadora e improvável, o rompimento da barragem de rejeitos 1 ocorreria em larga escala, gerando uma onda de rejeitos grande o suficiente para ultrapassar a cava, e chegar à barragem do rio Vacaria. Neste caso, dependendo do nível de águas desta barragem, poderia haver ou não o seu rompimento, em efeito dominó. Para esta hipótese, extremamente improvável e conservadora, a barragem do rio Vacaria estaria com o nível de águas mais elevado, gerando também o seu rompimento. O modelamento de *Dam Break* para esta hipótese indicou que haveria uma onda de cheia, que atingiria núcleos urbanos ao longo do rio Jequitinhonha. Associado a esta onda física, foi elaborado um modelamento de turbidez das águas (item 4.1.4.5.8), igualmente conservador, de forma a indicar as condições de alteração da qualidade das águas ao longo do rio Jequitinhonha, acompanhando tal onda de cheia.

Uma síntese dos resultados está apresentada no Quadro 4.1.4-33 e na Figura 4.1.4-38, levando-se em consideração a barragem de rejeitos 1 no seu estado final e a cava referente ao ano 18.

Mais detalhes podem ser obtidos nos Estudos de *Dam Break* apresentados nos Anexos 7 a 11 e na própria EARA (item 8.5 do Capítulo 8). Ressalta-se que os mapas representativos relacionados à Diluição de Turbidez, com maior detalhamento de visualização, são apresentados no Anexo 22.

QUADRO 4.1.4-33 - Síntese do modelamento de hipótese mais extrema/conservadora do *Dam Break*, indicando os tempos de chegada e de passagem de cheia em núcleos urbanos

Núcleo Urbano	Tempo de chegada da cheia (h:min)	Tempo de passagem da cheia (horas)
Coronel Murta	11:55	36
Itinga	31:10	48
Itaobim	42:35	48
Jequitinhonha	72:20	48
Almenara	107:55	48

Fonte: WALM, 2018.

O que se pode observar é que, na área de auto salvamento (entre a mina e a barragem do rio Vacaria), não haveria habitantes. Já a jusante desta barragem, o tempo de chegada da onda seria suficientemente longo para a adoção de medidas de evacuação, ou seja, a partir de 2:55 horas. Nos núcleos urbanos potencialmente atingidos por cheia, o tempo de chegada seria longo o suficiente para adoção de medidas de controle, variando de 11:55 a 107:55 horas (~1/2 dia a 4,5 dias). A onda de cheia não chegaria até a foz do rio Jequitinhonha, igualando-se à cheia normal deste rio a cerca de 399 km da barragem de rejeitos 1. Já os efeitos de turbidez elevada atingiriam 619 km do rio, portanto também não chegariam à sua foz, pois após esta distância, os valores obtidos do modelo igualam-se à turbidez média do rio Jequitinhonha. Os tempos de duração da onda de cheia e de elevada turbidez nos núcleos urbanos poderiam variar de 36 a 48 horas, tempos estes que permitiriam ações de suspensão temporária nos sistemas de abastecimento de água, com fornecimento de água de forma emergencial por caminhões pipa.

Ressalta-se que se trata de uma hipótese conservadora, dentre várias estudadas, para um evento bastante improvável. Ainda assim, o cenário indica afetação parcial do rio sem a chegada dos efeitos até sua foz, isso em função do fato de que a cava proporcionaria a absorção de grande parte do efeito do evento, seja em termos de energia, seja de volume da onda de rejeitos.

4.1.4.5.8 - Estudo da Pluma de Turbidez

Para a caracterização da turbidez, eventualmente resultante da onda de ruptura hipotética da barragem de rejeitos 1, foi realizado, pela BRANDT, o cálculo de diluição por seções. Considerou-se, portanto, que a chegada da onda do *Dam Break* no curso d'água seria equivalente ao lançamento de efluentes, havendo uma mistura no trecho inicial relativa à concentração da turbidez e vazão em cada constituinte (VON SPERLING, 1996).

Foi simulada repetidamente a entrada de uma concentração anterior a cada seção seguinte, diluindo-se o poluente (no caso, partículas em suspensão, gerando turbidez) até que se obtenha uma concentração estabilizada no padrão de corte do estudo (padrão histórico do rio). Foram utilizados os dados do estudo hipotético de ruptura de barragem, obtendo-se no hidrograma de ruptura os dados de vazão da onda a cada seção. Além dos dados de vazão a distância da barragem de rejeitos 1 foi utilizada para o mapeamento da diluição ao longo dos rios Vacarias e Jequitinhonha.

Para o ponto de corte do estudo de diluição, utilizou-se a média histórica dos dados de turbidez obtidos no projeto Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas de 1997 a 2018 para os pontos localizados no rio Jequitinhonha.

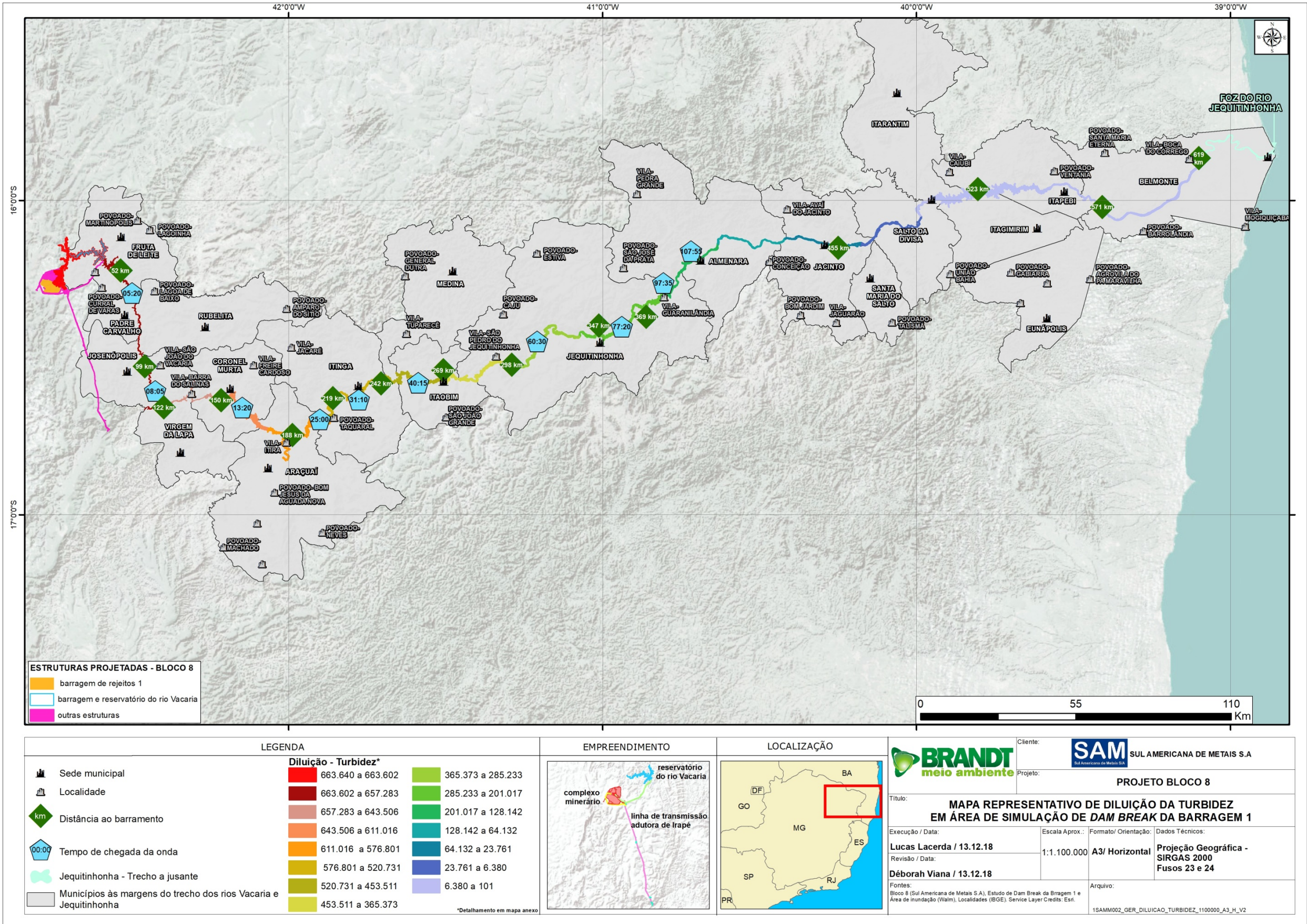
Os dados de vazão dos rios Vacarias e Jequitinhonha foram obtidos no portal de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, instrumento gerido pela Agência Nacional das Águas.

Os resultados de diluição demonstram que a onda de inundação que chegaria ao rio Jequitinhonha teria turbidez em uma concentração de 659.903 UNT, valor alto que comprometeria os usos múltiplos da água (abastecimento, irrigação, lazer, dentre outros), dentro do tempo de passagem da onda de inundação, entre 36 e 48 horas. Os cálculos demonstram ainda que na seção ST-63, ponto de corte do estudo de *Dam Break*, a turbidez ainda estaria com concentrações altas (107.378 UNT), o que seria esperado devido à alta vazão da onda de inundação. Os cálculos de diluição foram realizados continuamente após o ponto de corte do *Dam Break* através da extrapolação dos dados. Foi obtida a equação da linha de tendência exponencial ($R^2=0,91$) e os dados foram extrapolados para a continuidade do cálculo.

O mapa representativo da diluição de turbidez em área de simulação de *Dam Break* da barragem 1 é mostrado na Figura 4.1.4-38. Um maior detalhamento é apresentado nos mapas integrantes do Anexo 22.

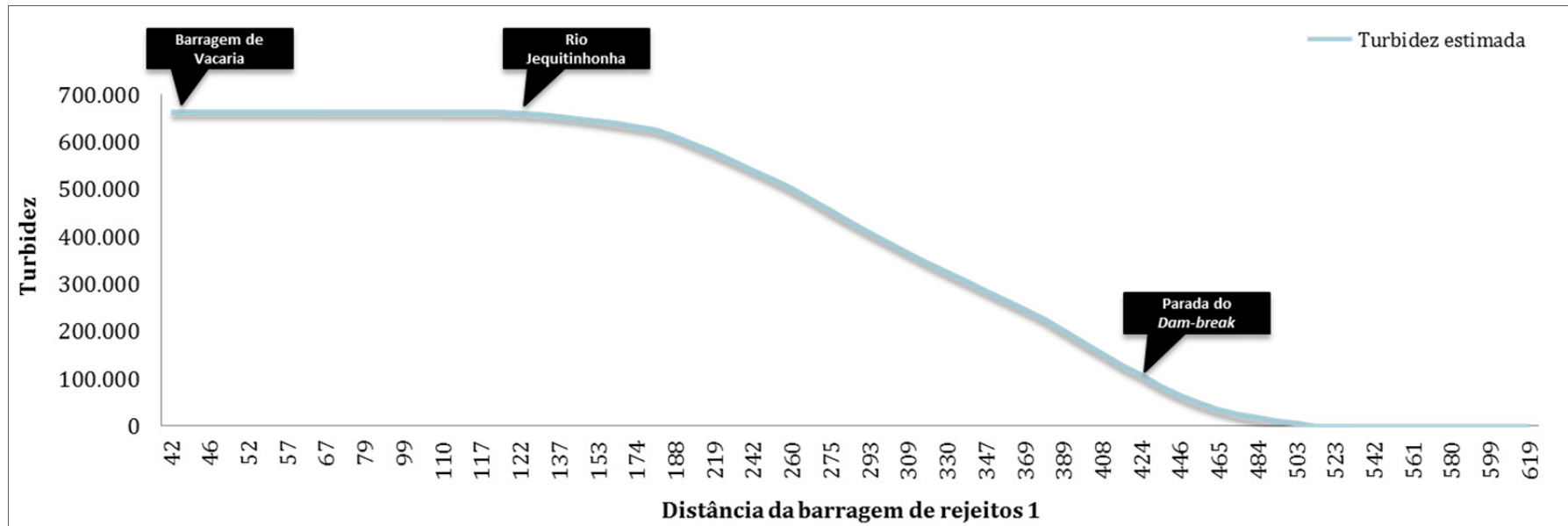
Segundo os critérios estabelecidos, verifica-se que a pluma de turbidez atingiria a média histórica do rio Jequitinhonha após 619 quilômetros, o que ultrapassaria a onda de inundação em mais 194 quilômetros (Figura 4.1.4-39). Salienta-se que a pluma de turbidez teria um ponto de corte aos 619 quilômetros, porém isso não quer dizer que os impactos sobre a qualidade da água e usos da água não seriam sentidos a jusante deste ponto. A média histórica reflete uma condição recorrente de concentração porém é esperado que o pulso decorrente da onda poderia ter um impacto maior sobre os usos do que uma variação natural.

FIGURA 4.1.4-38 - Mapa Representativo da Diluição de Turbidez em Área de Simulação de Dam Break da Barragem 1



Fonte: BRANDT, 2018.

FIGURA 4.1.4-39 - Turbidez estimada de acordo com a distância da barragem de rejeitos 1



Fonte: BRANDT, 2018.

4.1.4.6 - Planos de Ação de Emergência

Em complementação aos Estudos de Ruptura Hipotética das Barragens (*Dam Break*), sintetizados no item 4.1.4.5 do presente documento, e em atendimento à Lei Federal nº 12.334 e à Portaria nº 70.389, do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), também foram elaborados Planos de Ação de Emergência para Barragem de Mineração (PAEBM).

Foram elaborados os seguintes PAEBM os quais são apresentados nos Anexos 12 a 16:

- Barragem de rejeito 1;
- Barragem de rejeito 2;
- Barragem industrial;
- Barragem do rio Vacaria;
- Barragem do Vale.

Integram um PAEBM a identificação das situações potenciais de emergência, o estabelecimento de ações a serem executadas nesses casos e são definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vidas humanas. Em linhas gerais, o PAEBM é sumarizado contendo os seguintes tópicos:

- Apresentação e objetivo;
- Identificação e contatos (Empreendedor; Contatos internos; Contatos externos);
- Descrição geral da barragem (arranjo geral, localização e acessos);
- Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência (níveis 1, 2 e 3);
- Ações esperadas para cada nível de emergência;
- Descrição dos procedimentos preventivos e corretivos, incluindo inspeções de segurança regular, monitoramento, leituras e análise da instrumentação e manutenção;
- Recursos materiais e logísticos disponíveis;
- Procedimentos de notificação e sistema de alerta (Fluxograma de notificação; Notificação na zona de autossalvamento);
- Responsabilidades durante a emergência (Empreendedor; Coordenador do PAEBM; Equipes internas de geotecnia, operação e manutenção, meio ambiente e segurança, comunicação, jurídico, recursos humanos);
- Responsabilidades da Defesa Civil;
- Síntese do estudo de inundação (Estudos hidrológicos; Definição do modo de falha; Geração do hidrograma de ruptura e propagação e mapeamento da onda de ruptura no vale a jusante);

- Anexos/apêndices (Matriz de classificação quanto à categoria de risco; Matriz de classificação quanto ao dano potencial associado; Declaração de início de emergência; Formulário de registro de situações de emergência; Declaração de encerramento de emergência; Conteúdo mínimo do relatório conclusivo de inspeção especial; Conteúdo mínimo do relatório de causa e consequência; Autoridades públicas que receberam o PAEBM; Autoridades públicas que receberam o PAEBM / Protocolo; Plano de Treinamento do PAEBM; Descrição do sistema de monitoramento; Registro dos treinamentos do PAEBM; Fichas de emergência - nível de emergência 1; Fichas de emergência - nível de emergência 2; Fichas de emergência - nível de emergência 3; Controle de revisões dos documentos protocolados; Revisão e atualização do PAEBM; Mapa de inundação.

4.1.4.7 - Estudo de Sísmica

Durante os estudos conceituais realizados para o Projeto Bloco 8, foram realizados estudos para a verificação dos efeitos do sismo natural na área do projeto, e os estudos relativos ao sismo desencadeados pelas detonações na área da lavra. Estes estudos são apresentados no Anexo 17.

Os itens a seguir apresentam uma síntese das condições verificadas para os efeitos de sismo natural e sísmica induzida respectivamente e os controles a serem empregados para as etapas operacionais.

4.1.4.7.1 - Sismo Natural

Para o estudo de sismo natural na área do empreendimento, foi elaborada análise de sismicidade particular, com a avaliação de dados de epicentros de diversos eventos compreendidos dentro de um raio máximo de 300 km em relação ao empreendimento.

Os estudos de sismo natural desenvolvidos compreenderam a avaliação dos dados existentes e tratamento estatístico para eliminar possíveis interpretações indesejáveis dos eventos, com o intuito de permitir uma análise de uma cobertura mais uniforme dos fenômenos. Com os limites considerados nas análises realizadas, foram determinadas as estimativas de probabilidades de ocorrência de determinados níveis de aceleração no ponto central da área de interesse, oriundos de eventos locais e regionais.

Para os estudos, foi considerado a avaliação do Perigo Sísmico utilizando as metodologias veiculadas por BURTON (1978) e ASSUMPÇÃO (1985), com seguintes hipóteses:

- a sismicidade ocorre em uma área grande e que o local de interesse esteja longe das bordas da área sísmica considerada;
- considera-se para o cálculo das probabilidades de ocorrência de uma dada aceleração no local de interesse, a contribuição (em termos de probabilidade) da ocorrência de todas as magnitudes em qualquer ponto da área sísmica (hipótese de "sismicidade difusa").

Para os estudos também foi considerada a atenuação de aceleração com a distância epicentral para estimar os níveis de aceleração para o empreendimento, sendo importante salientar que a Lei de Atenuação se refere às acelerações em nível do perfil rochoso.

Com base nos resultados da avaliação do perigo sísmico, os níveis de aceleração de pico na rocha (rocha sã) máxima seria equivalente a 0,037 g (já corrigida a incerteza da lei de atenuação), com período de retorno e 965 anos.

Assim, os estudos realizados baseados em dados de monitoramento, estudos de perigo sísmico e leis de atenuação para o Projeto Bloco 8, mostram que o sismo natural apresenta uma aceleração de pico no topo rochoso igual a 0,037g (m/s²) (apico, rocha=0,037 g) .

A partir da definição do sismo natural na área do Projeto Bloco 8, nas etapas de projeto, a SAM já incorporou nos estudos conceituais a avaliação das análises pseudo-estáticas para as barragens do Vale, industrial, barragens de rejeito 1, 2 e *backfill*, de modo a avaliar a estabilidade geotécnica destas estruturas.

Os resultados obtidos para as análises pseudo-estática mostram que as estruturas projetadas para o Projeto Bloco 8 na etapa conceitual apresentam fatores de segurança satisfatórios em relação ao sismo natural, considerando os requisitos da NBR 13.028 (ABNT, 2017) e NBR 13.029 (ABNT, 2017).

Durante as fases operacionais, a SAM deverá realizar o monitoramento sismológico do Bloco 8, com a instalação de sismógrafos em pontos estratégicos do projeto de modo a avaliar as condições de sismo natural. O monitoramento sismográfico do empreendimento ficará a cargo da equipe de monitoramento das estruturas, apresentado no sistema de gestão, devendo ser realizado pela equipe de geologia. Ressalta-se que a periodicidade de controle deverá ser definida nas demais etapas dos estudos para o Projeto Bloco 8.

4.1.4.7.2 - Sismo Desencadeado

Para as operações de exploração da cava do Projeto Bloco 8, será realizado o desmonte dos materiais com utilização de explosivos. Estas atividades irão desencadear sismo pelo efeito das detonações na área do empreendimento, sendo que seus efeitos deverão ser controlados, com o intuito de garantir a segurança das estruturas civis, industriais e geotécnicas a serem construídas na área do projeto.

Estas estruturas englobam as estruturas de disposição de estéril, rejeitos e unidades civis na área do Projeto Bloco 8. Para a verificação dos impactos causados pelas detonações ao longo do empreendimento, foi realizado o estudo relativo ao sismo desencadeado pelas detonações na área do Projeto Bloco 8. Este estudo foi elaborado pela VMA Engenharia de Explosivos e Vibrações e é apresentado no Anexo 17.

Para o estudo, foi elaborado um modelo para a determinação das velocidades de deslocamento de partículas em relação as cargas de detonação (carga por espera) e distância entre o ponto de detonação e as estruturas em questão. Os estudos basearam-se na avaliação das vibrações pelo terreno que se propagam em áreas de cenários similares ao do Projeto Bloco 8. Foi tomado como referência, estudos desenvolvidos para diferentes minerações de ferro no Brasil, que apresentam dados de monitoramento de campo.

A partir dos estudos realizados, determinou-se um modelo de projeção sismográfica para um cenário similar ao do Projeto Bloco 8, sendo representado pela seguinte equação.

$$V_{p\text{máx}} = 600 \times \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,113}$$

Onde:

Vp= Velocidade de partícula máxima em mm/s;

D= Distância entre a detonação e o ponto de estudo alvo de alguma proteção em metros (m);

Q = Carga detonada por espera em quilograma (kg).

A NBR 9653 (ABNT, 2018) considera alguns limites em função da frequência, e que varia bastante, em função principalmente da rocha, e subsidiariamente de características do desmonte e ainda da faixa de distâncias. O Quadro 4.1.4-34 apresenta os limites máximos de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência recomendados pela NBR 9653 (ABNT, 2005).

QUADRO 4.1.4-34 - Limites de vibração pelo terreno conforme norma ABNT 9653:2005

Faixa de Frequência	Limites de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico
4 a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s, aumenta linearmente até 20 mm/s
15 a 40 Hz	Acima de 20 mm/s, aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

Fonte: VMA, 2018.

A partir do estudo elaborado, verificou-se a viabilidade dos desmontes por explosivos e de suas futuras atividades de lavra de minério ferro no Projeto Bloco 8 da SAM, dentro dos padrões estudados. As equações verificadas em cenários equivalentes ou de referência indicam que as cargas de explosivo necessárias para os futuros desmontes podem ser compatíveis tanto com os diques de contenção de rejeito como com as cavidades naturais subterrâneas existentes na área do Projeto. Eles foram baseados em resultados de monitoramentos de vibrações em campo transmitidas pelo terreno em áreas similares em 04 (quatro) diferentes minerações de ferro no Brasil, bem como de trabalhos internacionais existentes que envolveram a análise de desmontes de rocha por explosivos em minerações com alto grau de confinamento, em maciços rochosos diversos.

As conclusões obtidas servirão para um melhor dimensionamento nas escavações e desmontes do Projeto, em função das características dos futuros desmontes e das restrições ambientais do Projeto. Um acompanhamento posterior é também proposto, em função das peculiaridades normais de minerações de ferro de grandes dimensões. De forma geral, foi definida uma equação para o planejamento dos desmontes Projeto Bloco 8, relacionando as máximas vibrações previstas sob a forma de Velocidade de Partícula (Vp máx., em mm/s), as cargas detonadas por espera (Q, em kg) e a distância entre a detonação e o ponto de estudo alvo de alguma proteção. Essa equação é reapresentada a seguir.

$$V_{p\text{máx}} = 600 \times (D/Q^{1/2})^{-1,113} \rightarrow \text{Equação SAM}$$

A partir dessa equação, foram geradas outras equações relacionando a carga por espera com a distância entre detonação e ponto de interesse.

Os limites propostos de vibração pelo terreno para os diques de contenção são baseados na norma ABNT 9653:2018, e são variáveis conforme a frequência de pico da onda gerada em cada detonação. Para as cavidades naturais subterrâneas, é proposto o limite máximo de **$V_{pi} = 15 \text{ mm/s}$** , independente da frequência, se elas apresentarem máxima relevância e fragilidade estrutural de importância. Em ambos os casos quando da execução de obras ou do processo de lavra, os níveis de vibração pelo terreno deverão ser devidamente monitorados em todas detonações, propondo-se ainda níveis de alerta para essas vibrações a serem geradas.

A equação proposta deverá englobar as principais situações a serem encontradas na lavra de Projeto Bloco 8. Os estudos aqui propostos são preliminares, e necessitam, portanto, de um acompanhamento e detalhamento posterior, durante as fases iniciais de implantação e início de operação do projeto, por meio de sismógrafos de engenharia tradicionais, ou eventualmente com instrumentações adicionais conforme exposto no decorrer dos estudos. A lavra do Projeto Bloco 8 deverá ser constantemente monitorada, tanto nas cavidades naturais subterrâneas que se mostrarem com relevância máxima e / ou com áreas de fragilidades geoestruturais importantes, mas principalmente junto aos diques de contenção de rejeitos que se encontrarem mais próximos às frentes de detonações, para que se identifiquem os níveis de vibração de forma rápida logo após cada desmonte, e se tomem as medidas que forem pertinentes para evitar qualquer tipo de dano.

Os estudos indicaram, portanto, que existem condições de operação nas escavações a céu aberto, com a utilização de métodos de desmonte com uso de explosivos. Eles indicam ainda que, embora as escavações gerem efeitos secundários a forma de vibrações em suas imediações, estas possuem um rápido amortecimento com a distância, e portanto as vibrações pelo terreno, associados às atividades propostas estarão sob controle, e as estruturas existentes na área do projeto estarão garantidas, desde que se tomem os cuidados necessários e se obedeçam às premissas indicadas nos quadros que fornecem as características dos desmontes de rocha por explosivos, considerando as distâncias recomendadas, as cargas de explosivo indicadas e os métodos de desmonte previstos para o projeto. Os limites de vibração deverão obedecer às recomendações do presente estudo, sendo variável em função características de frequência das ondas de vibração pelo terreno que serão encontradas no cenário real quando da execução dos desmontes. Notar que também foram definidos níveis de alarme equivalentes à 2/3 (dois terços) dos limites máximos propostos, para que se executem eventuais modificações nos padrões de desmonte que foram estabelecidos previamente.

Deve-se salientar que estes estudos devem ser verificados quando do início da lavra, ou eventualmente em ensaios preliminares, através de instrumentação apropriada de campo, tanto junto aos diques de contenção quanto às cavidades naturais subterrâneas existentes, para que se possam ajustar os parâmetros das equações sugeridas e verificação dos amortecimentos de vibrações na situação real da mineração, promovendo-se então eventuais adequações nos projetos de desmonte e atividades futuras.

Foram também estudadas as vibrações pelo terreno provocadas na operação de equipamentos diversos e seus efeitos sobre as cavidades naturais subterrâneas. Essas vibrações mostraram-se de intensidade bem inferior às das detonações, porém mesmo assim são propostos limites de operação e também de alerta para as mesmas.

Outras instrumentações poderão também ser recomendadas para observações de eventuais movimentações na região, e devem ser objeto de programações específicas. As interpretações e resultados do estudo são válidos apenas para os cenários avaliados, necessitando assim uma confirmação e verificação na situação real de operação.

4.1.4.8 - Modelamento de Dispersão Atmosférica

De forma a avaliar a viabilidade ambiental do Projeto Bloco 8, foi também elaborado um modelamento de dispersão atmosférica para as principais fontes de emissão de material particulado do projeto, baseado nas premissas de engenharia da área da mina e do processo produtivo.

O estudo consistiu no modelamento de 02 (dois) cenários de projeção da dispersão de materiais particulados sobre a qualidade do ar na área de influência do complexo minerário, na forma de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PM_{10}). Estes cenários foram: Intermediário, ao redor de 05 anos, e Máxima Configuração, próximo de 18 anos, que considera a configuração final de operação. A diferença básica entre estes cenários refere-se ao quantitativo de áreas expostas susceptíveis ao arraste eólico, sendo maior no Cenário de Máxima Configuração. Ressalta-se que o cenário projetado de 18 anos não diz respeito a uma condição de desmobilização, mas sim na condição de máxima capacidade operacional do Projeto Bloco 8 e com o maior quantitativo de áreas expostas susceptíveis ao arraste eólico.

O estudo completo referente ao modelamento de dispersão atmosférica é apresentado no Anexo 18.

Em síntese, um modelamento de dispersão atmosférica apresenta um conjunto de simulações que permitem avaliar, conceitualmente, o comportamento da pluma de dispersão de material particulado, incluindo a identificação de áreas potencialmente atingidas por essas emissões e os pontos mais prováveis de máxima concentração. Os parâmetros Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PM_{10}) estão relacionados com as principais emissões atmosféricas a serem geradas durante o desenvolvimento das atividades operacionais do Projeto Bloco 8, como por exemplo, o circuito de britagem, as transferências entre correias transportadoras, formações de pilhas de estocagem, tráfego de veículos em vias pavimentadas e não pavimentadas, assim como pela ação eólica sobre pátios, pilhas, área de disposição de estéril / rejeito e cava.

Torna-se importante ressaltar que um modelamento de dispersão atmosférica é, antes de tudo, uma estimativa que utiliza equações matemáticas com algumas variáveis (dados das fontes de emissão e seus controles projetados com suas respectivas eficiências, informações meteorológicas de um determinado período e base topográfica) e, portanto, tem suas fragilidades e limitações. Desta forma, seus resultados devem ser utilizados com cautela e, juntamente, com os monitoramentos das fontes de emissão e da qualidade do ar, podem contribuir para uma avaliação e interpretação dos potenciais impactos de um empreendimento. Os resultados de um modelamento não devem ser utilizados como afirmativas exatas em termos de concentração de poluentes em uma dada região. Desta forma, fazendo uso dos resultados obtidos de maneira correta, ele se apresenta como uma importante ferramenta de auxílio nas projeções dos impactos sobre a qualidade do ar, mas, principalmente, de planejamento e gestão ambiental, uma vez que permite a visualização espacial da potencial área de influência das emissões atmosféricas. Assim, também pode ser útil para projetar controles e ações de mitigação das emissões atmosféricas, fazendo com que as medidas e ações consideradas como premissas sejam parte integrante dos controles operacionais do projeto. Como toda ferramenta de apoio/suporte, deve ser continuamente revisado, a partir do refinamento das informações utilizadas das fontes de emissão, projetos de engenharia, dados meteorológicos e topográficos.

Em termos conclusivos, quando se considera o pior cenário - com duração máxima de 24 horas - com as piores condições climáticas possíveis em um dado ano – os resultados indicaram que, caso as medidas e programas específicos para o projeto não sejam implementadas, existe uma grande probabilidade da qualidade do ar nas áreas diretamente afetadas pelo empreendimento ficarem fora do padrão estabelecido pela legislação, principalmente nos períodos críticos. Portanto, os programas de controle das emissões atmosféricas terão atenção especial em situações extremas, quando serão implementadas medidas de controle adicionais às usualmente empregadas, como por exemplo, intensificação na aspersão de águas em superfícies desnudas, bem como todas as ações preconizadas nos Capítulos 8 e 9 do EIA.

4.1.4.9 - Estudos de Prospecção Espeleológica

Como parte integrante do processo de definição do Plano Diretor do Projeto Bloco 8, inicialmente, foram realizados trabalhos de prospecção espeleológica na área do complexo minerário, sendo identificadas quatro cavidades de relevância máxima, a seguir identificadas:

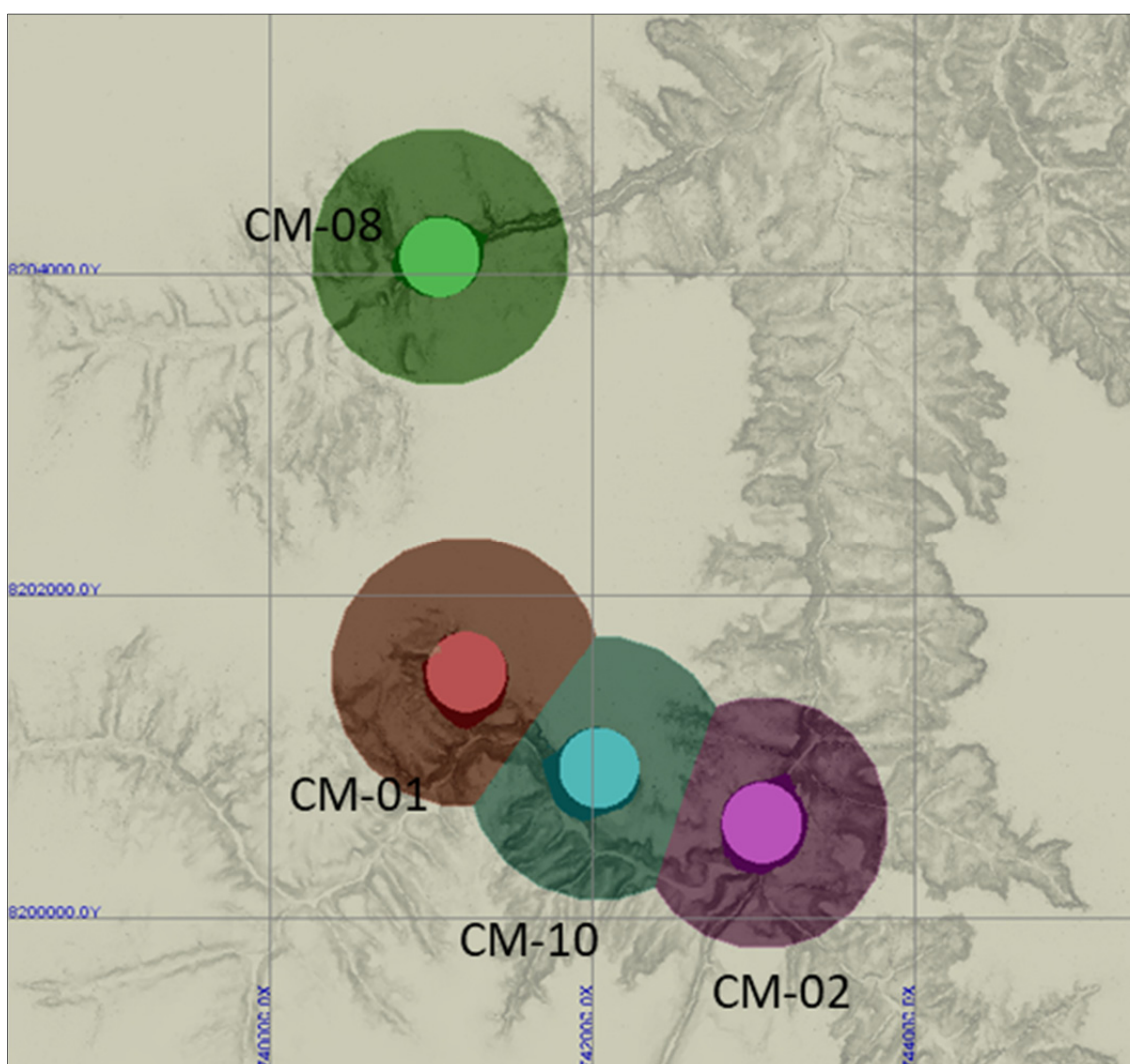
- Cavidade CM-01: Coordenadas UTM 741215 / 8201524;
- Cavidade CM-02: Coordenadas UTM 743067 / 8200597;
- Cavidade CM-08: Coordenadas UTM 741066 / 8204152;
- Cavidade CM-10: Coordenadas UTM 742071 / 8200970.

As cavidades configuraram restrição à lavra e deverão ser preservadas, por um raio de influência de 250 metros, a partir da sua projeção (Figura 4.1.4-40). Sob tais áreas de preservação existem minérios, com teores acima da média da jazida, que não poderão ser extraídos. Os recursos inviabilizados por esta restrição são mostrados a seguir.

QUADRO 4.1.4-35 - Cavidades identificadas na área do Complexo Minerário

Cavidade	kton	Fe%	kton Concentrado
CM-08	48,908	23.67	15,035
CM-01	8,320	27.09	3,021
CM-10	6,224	22.92	1,809
CM-02	34,424	19.12	7,150
Total Geral	97,877	22.31	27,014

Fonte: VENTURINI, 2018.

FIGURA 4.1.4-40 - Contes mostrando zona mineralizada projetada abaixo das cavidades

Fonte: VENTURINI, 2018.

Há que se ressaltar que, como parte integrante do EIA, especificamente do diagnóstico do meio físico, os estudos espeleológicos foram ampliados. As principais informações são sintetizadas a seguir:

- Para a definição dos possíveis impactos sobre o patrimônio espeleológico na área do complexo minerário considerou-se um universo de 27 cavernas, as quais foram estudadas quanto à relevância, conforme as determinações da IN N° 2 MMA, de 20 de agosto de 2009, vigente à época da realização destes estudos. Os resultados dessa classificação, constantes no Relatório de Valoração de Cavernas, Diagnóstico do Meio Físico, apontaram a existência de quatro (4) cavernas com relevância máxima, vinte e duas (22) com relevância alta e uma (1) com relevância média. Desse total, 5 (cinco) cavernas de alta e 6 (seis) cavernas de média estão localizadas na Área Diretamente Afetada (cava) e deverão ser suprimidas. Outras 4 (quatro) cavernas de máxima, 8 (oito) cavernas de alta e 4 (quatro) cavernas de média estão ao entorno do projeto e deverão ser objeto de monitoramento para evitar impactos sobre as mesmas, especialmente as de máxima relevância, cujos polígonos da cava já trataram de manter um *buffer* de 250 m ao entorno de cada uma delas;
- No caso da área proposta à instalação da barragem do rio Vacaria, 30 cavernas foram estudadas e valoradas, conforme metodologia proposta pela IN N° 2 MMA, de 30 de agosto de 2017, vigente à época da realização dos estudos, resultando em 22 cavernas de baixa relevância, duas de média relevância, cinco cavernas de alta relevância e uma caverna (VAC_19), ainda sem relevância definida, dada a ausência do diagnóstico bioespeleológico;
- Para a área de estudo da adutora de Irapé e linha de transmissão, foram identificadas, durante a etapa de prospecção, duas (02) cavernas. Entretanto, optou-se por realizar o desvio do eixo em relação aos raios de proteção das mesmas, ainda na fase de projeto, a fim de não se ter impactos diretos e indiretos sobre as mesmas, garantindo a proteção integral daquelas cavernas. Dessa maneira, os traçados da adutora de Irapé e linha de transmissão não representarão nenhum impacto sobre o patrimônio espeleológico. Ressalta-se ainda que, para o traçado da adutora de Vacaria, não foi identificada nenhuma caverna.
- Em termos conclusivos e, a partir da avaliação de impacto ambiental, definiu-se pela elaboração do Programa de Proteção e Monitoramento do Patrimônio Espeleológico.

Conforme mencionado acima, mais informações sobre aspectos espeleológicos são apresentados no diagnóstico e na avaliação de impactos (Capítulos 6.1 e 8, respectivamente, do presente EIA)

4.1.4.10 - Estudo de Uso e Reuso do Rejeito

Com o objetivo de minimizar seus impactos ambientais relacionados à geração de rejeitos e como forma de contribuir para uma atividade minerária com maiores níveis de sustentabilidade, a SAM desenvolveu um estudo de uso e reuso do rejeito do Projeto Bloco 8.

Estes estudos foram conduzidos em parceria com o Laboratório de Geomateriais e Geotecnologia (LGG), da Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação do Prof. Dr. Evandro Moraes da Gama e supervisão do Eng. Márcio Martins Neto, da MULTIPLUS Engenharia e Consultoria. Foram utilizadas amostras denominadas de Rejeito LA-01 (lama) e Rejeito RJ-01 (rejeito arenoso).

4.1.4.10.1 - Etapas e Resultados

Os estudos foram desenvolvidos em duas etapas, conforme descrito a seguir.

Na Etapa 1 foram realizados os estudos laboratoriais e de caracterização dos rejeitos, incluindo:

- Caracterização química, mineralógica e granulométrica dos rejeitos (RJ) e lama (LA);
- Análise granulométrica por peneiramento;
- Análises químicas e mineralógicas processadas através de difratometria, fluorescência de raios-X e espectrômetro a plasma;
- Testes de calcinação da fração argilo-micácea em escala de bancada, utilizando o forno mufla. Este teste visa testar, através do ensaio de calcinação em forno fixo de laboratório (mufla), o potencial da fração argilo-micácea de alcançar reatividade como material pozolânico, para ser usado como aglomerante;
- Balanço de massa dos rejeitos e lama e sua classificação por categoria granulométrica e grau de pureza;
- Integração dos dados.

Na Etapa 2, por sua vez, foi realizada a seleção de produtos passíveis de serem produzidos a partir dos rejeitos e lamas da SAM, caminhos para a obtenção destes produtos, alternativas de uso e análise de mercado, considerando as demandas regionais e locais. Foram realizados testes de laboratório com o objetivo de avaliar a possibilidade de uso do rejeito para pavimentação e produção de pelotas.

A Figura 4.1.4-41 mostra a classificação de materiais e tratamento para uso em base, sub-bases de pavimentos flexíveis e semirrígidos.

FIGURA 4.1.4-41 - Classificação e tratamento de materiais granulares para usos de pavimentos

Base e sub-bases flexíveis e semi-rígidas	Granulares	Estabilização granulométrica	
		Macadame hidráulico	
	Estabilizadas (aditivadas)	Com cimento	Solo-cimento
			Solo melhorado com cimento
		Com outros aditivos	Cal
			Pozolana
			Betume

Fonte: MULTIPLUS, 2018.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006), as principais camadas constituintes da estrutura do pavimento e as características dos materiais usados na execução são:

- Revestimento: camada da superfície, impermeável, que recebe a ação direta do tráfego de veículos e destinada a melhorá-la, quanto à segurança, conforto e resistir ao desgaste;
- Base: Camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento;
- Sub-base: Camada diretamente inferior à base. Pode ser usada para regularizar a espessura da base;
- Reforço do subleito: É a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico-econômicas, será executada sobre o subleito regularizado. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base;
- Regularização do subleito (nivelamento): É a operação destinada a conformar o leito, transversal e longitudinalmente. Poderá ou não existir, dependendo das condições do leito. Compreende cortes ou aterros até 20 cm de espessura;
- Subleito: É o terreno de fundação onde se constrói o pavimento.

Foram realizados testes de comportamento físico e mecânico de misturas contendo rejeito, nas devidas proporções, através dos ensaios de compactação, Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou CBR (*California Bearing Ratio*), e expansão segundo normas do DNIT. Esse tratamento é a estabilização química do rejeito arenoso usando um material na forma calcinada.

As pelotas obtidas através do processamento de rejeitos e estéreis podem ser usadas como agregado na construção civil, em substituição à brita ou o pedrisco, como elementos decorativos e em jardinagem, dentre outras aplicações.

Resultado análise granulométrica e balanço de massa

Os resultados das análises granulométricas realizadas nas amostras de rejeito e lama concluíram que ambas são compostas de frações muito finas ($< 0,075$ mm), correspondendo às frações areia muito fina, *silte* ou argila na escala granulométrica de *Wentworth*. Nenhuma das amostras apresentou fração areia fina ou mais grossa.

A lama (Rejeito LA-01) é composta por uma fração areia muito fina com a proporção de 5,8 %, sendo que a parcela mais fina, correspondente a 94,2 % da amostra, possui uma granulometria adequada para gerar pozolana. Como parte do trabalho, foi sugerida a realização de uma análise das etapas de processos anteriores à geração da lama, de modo a tentar reduzir o percentual de material arenoso na composição desta lama. Desta maneira, acredita-se ser possível otimizar o desempenho da pozolana produzida e seu custo.

O rejeito arenoso (RJ-01) apresentou uma granulometria inadequada, muito fina, para compor uma areia padrão de uso direto na construção civil. A faixa granulométrica do rejeito encontra-se caracterizada como areia muito fina (36,8 %) a *silte* (63,2 %), podendo ser utilizada para fabricação de argamassas colantes e em substituição parcial em artefatos de cimento.

Em ambos os casos as amostras também se mostraram com granulometria adequada para os testes de calcinação.

Resultado análise do material cru e eficiência da calcinação

Apenas a amostra de Rejeito LA-01 apresentou índice de VBS de no mínimo 0,8 g/ml, valor este adequado à referência normativa utilizada, indicando que poderá apresentar atividade pozzolânica após calcinação. O Rejeito RJ-01 não apresentou este potencial.

Resultado da perda ao fogo para determinação do fator de deshidroxilação alfa

Em ambas amostras o teor de caulinita foi considerado abaixo do ideal para obtenção satisfatória de pozolana por calcinação.

Resultado análise mineralógica

Essas análises quantificaram, de forma precisa, os teores minerais. Os teores de caulinita obtidos em ambas as amostras não se mostram suficientes para gerar um produto pozzolânico com resistência mecânica ideal, limitando as aplicabilidades destes materiais.

Na amostra RJ-01 foram identificados quartzo (86,9% em massa das fases cristalinas), mica/muscovita (10,0%), hematita (1,2%), caulinita (1,1%), feldspato / albita (0,8%).

Na amostra LA-01 foram identificados quartzo (48,1% em massa das fases cristalinas), mica/muscovita (29,4%), caulinita (14,2%), hematita (7,3%) e clorita (1,0%).

Resultado calcinação em leito fixo

A amostra Rejeito RJ-01 foi calcinada a 750°C. Já a amostra Rejeito LA-01 foi calcinada a 850°C. Houve pequena mudança aparente de cor. Ambas as amostras apresentaram PPC (Análise de Perda por Calcinação) residual adequados, conforme procedimento UFMG (inferior a 1,5%), demonstrando que as amostras foram devidamente calcinadas.

Resultados das análises termogravimétricas

As análises termogravimétricas confirmam quais são os minerais existentes em maior quantidade na amostra e que poderiam apresentar consequências qualitativas ou qualitativas na resistência. Não foram detectados elementos com potencial como contaminante ambiental. A quantidade de caulinita no RJ-01 não justifica o seu uso calcinado. Outro aspecto importante é que em nenhuma das duas amostras foi observada uma mudança de fase da sílica existente, caracterizando que todo o quartzo presente estaria em forma cristalina estável, portanto, sem potencial para gerar pozolana. Para isto seria necessária a sua presença em forma amorfa.

Resultados das análises químicas (Fluorescência de Raios-X)

Os resultados mostraram a presença de óxidos de silício, alumínio, ferro e potássio em maior quantidade, assim como mostra que não há metais pesados capazes de contaminar o meio ambiente. Estes valores estão em consonância com a Difração de Raios-X.

FIGURA 4.1.4-42 - Resultados de Florescência de Raios-X

Identificação		Ensaio (%)											
		Gravimetria	Fluorescência de Raios-X										
FRX	Cliente	PPC 1000°C	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂
39889	Amostra Lama LA 01 - SAM	4,77	15,02	0,74	0,04	13,35	3,41	1,58	0,18	0,16	0,40	64,75	0,15
39890	Amostra Rejeito RJ 01 - SAM	1,63	5,00	0,98	<0,01	4,03	1,32	0,81	0,08	0,12	0,36	86,92	0,05

Fonte: MULTIPLUS, 2018.

Resultado da análise química por Espectrometria de Plasma e Absorção Atômica

Os resultados da análise química por Espectrometria de Plasma e Absorção Atômica são mostrados a seguir.

FIGURA 4.1.4-43 - Resultados de concentrações de metais e metaloides nas amostras SAM LA-01 e RJ-01 em µg/g (média de triplicatas de amostras)

elemento (µg/g)	LA 1	RJ 1A
Li	7,88 ± 0,14	3,76 ± 0,06
V	13,99 ± 0,27	3,15 ± 0,03
Cr	170 ± 21	10,1 ± 1,1
Co	8,9 ± 1,0	2,98 ± 0,27
Ni	14,9 ± 1,7	5,0 ± 0,5
Cu	39,5 ± 4,0	16,0 ± 1,5
As	3,40 ± 0,37	1,30 ± 0,16
Se	2,72 ± 0,47	0,75 ± 0,15
Sr	71,0 ± 7,6	94,0 ± 8,8
Ag	<LD	<LD
Cd	<LD	<LD
Ba	137 ± 1	45,1 ± 0,7
Pb	15,2 ± 0,3	3,46 ± 0,07
U	0,689 ± 0,006	0,210 ± 0,007
Hg	0,0157 ± 0,0011	0,0053 ± 0,0006

Fonte: MULTIPLUS, 2018.

FIGURA 4.1.4-44 - Resultados de concentrações de metais nas amostras SAM LA-01 e RJ-01 em mg/g (média de triplicatas de amostras)

elemento (mg/g)	LA 1	RJ 1A
Fe	48,50 ± 1,40	10,00 ± 0,34
Mn	0,76 ± 0,01	0,38 ± 0,01
Al	7,93 ± 0,28	2,87 ± 0,06

Fonte: MULTIPLUS, 2018.

Resultado da resistência dos corpos de prova 2 x 4 cm

Os corpos de prova foram moldados conforme normas de procedimento da UFMG. Optou-se por este método devido à baixa quantidade de amostra disponível, menor consumo de material, e pelo fato da experiência da UFMG ser maior com este corpo de prova.

Após a moldagem e do tempo de cura os corpos de prova foram rompidos após 24, 48, 72 horas e 28 dias de cura em solução saturada de cal. Os resultados obtidos são descritos na Figura 4.1.4-45.

FIGURA 4.1.4-45 - Resultado resistência à compressão uniaxial.

Amostra	Tempo de cura	Resistência Média (MPa)	Desvio Padrão Médio
Rejeito LA-01 850°C	24 h	1,50	0,09
	48 h	1,69	0,05
	72 h	1,89	0,12
	28 dias	3,31	0,32
Rejeito RJ-01 750°C	24 h	0,41	0,04
	48 h	0,41	0,03
	72 h	0,43	0,04
	28 dias	1,29	0,12

Fonte: MULTIPLUS, 2018.

A resistência média, em ambas as amostras, foi inferior ao sugerido pelos procedimentos UFMG, para caracterizar uma pozolana reativa. O rejeito RJ-01 ficou muito abaixo, sendo considerado apenas como agregado. O rejeito LA-01 possui resultado de uma pozolana de baixa reatividade, podendo ser utilizada para fins menos exigentes como mistura para pavimentação e aglomeração.

Resultados dos testes para uso na pavimentação

Para testar o potencial dos materiais para uso na pavimentação de ruas e rodovias, foi utilizado o Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou CBR (*California Bearing Ratio*). Para estes testes foi usado um material com a seguinte composição:

- 9% de rejeito LA-01 calcinado;
- 6% de cal hidratada;
- 85% de rejeito RJ-01.

Para ensaio de compactação foram pesadas 5 amostras de 2,0 kg cada e adicionou-se diferentes quantidades de água a cada amostra de modo a pressupor os teores de umidade de 11%, 13%, 15%, 17% e 20%.

O material foi então compactado no molde cilíndrico, em cinco camadas, recebendo 27 golpes em cada camada, distribuídos uniformemente sobre a superfície de cada camada.

Após a compactação de cada mistura, foi retirado o cilindro complementar e rasado o material na altura exata do molde com o auxílio de uma régua biselada. Feito isso, pesou-se a massa do conjunto (molde + solo úmido) e subtraiu-se o peso do molde, de modo a obter o peso do solo úmido. Na sequência foram retiradas pequenas amostras em triplicata do solo úmido e colocadas na estufa por 24 horas, para determinar a umidade real de cada mistura.

Obtiveram-se os valores de teor de umidade de 10,7%, 12,3%, 14,1%, 15,8% e 17,3%, e de densidade aparente seca (g/cm^3) de 1,93, 1,96, 1,90, 1,82 e 1,74, respectivamente.

O ensaio CBR consiste em determinar a relação entre a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão em um corpo de prova e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em uma brita padronizada. Vale ressaltar que a coesão entre os grãos de brita é muito inferior à coesão entre partículas finamente divididas, como é o caso do material utilizado neste estudo, ou seja, espera-se que os valores da penetração para o material em questão sejam superiores aos valores padronizados, o que implica em valores de CBR também maiores. O resultado é expresso em porcentagem.

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), as exigências para os materiais das camadas de base, sub-base e reforço do subleito de pavimentos, com relação aos valores de CBR são:

- Base: $\text{CBR} \geq 60\%$;
- Sub-base: $\text{CBR} \geq 20\%$;
- Reforço do subleito: $\text{CBR} \geq 2\%$.

Para o material estudado, com as devidas proporções de rejeito e cal hidratada, a umidade ótima obtida para o ensaio de compactação foi de 12%.

Os resultados dos ensaios de CBR obtidos para os cinco corpos de prova (CP's) foram de: CP1 = 144,73% e expansão de 0,384% / CP2 = 119,71% e expansão de 0,436% / CP3 = 160,81% e expansão de 0,445% / CP4 = 143,84 e expansão de 0,471% / CP5 = 128,65 e expansão de 0,479%. Diante desses valores e comparando-os com as exigências do DNIT para materiais de base, de sub-base e reforço do subleito (Base: CBR $\geq$ 60% e expansão $\leq$ 0,5%, Sub-base: CBR $\geq$ 20% e expansão $\leq$ 1%, Reforço do subleito: CBR $\geq$ 2% e expansão $\leq$ 1%), percebeu-se que os cinco corpos de prova apresentaram resultados satisfatórios segundo a faixa recomendada pelo DNIT. Com isso, o material pode ser classificado como adequado para ser utilizado nas três camadas de pavimentos citadas.

Resultados dos testes para produção de pelotas

Resultado Pelotização

A partir dos ensaios de pelotização, foi possível concluir que a amostra do Rejeito RJ-01 *in natura*, apesar de apresentar baixa coesão, pode ser pelotizada se adicionado a ela aditivos com propriedades cimentícias, inclusive a pozolana gerada a partir da amostra LA-01 calcinada. Em todos os ensaios de pelotização foi necessária umidade superior a 17% para aglomeração em forma de pelotas. A resistência observada imediatamente após os ensaios de pelotização, apesar de baixa, foi considerada suficiente para transporte das pelotas até o ambiente de cura.

Teste de resiliência

Este parâmetro refere-se à resistência da pelota, medida indiretamente, através da frequência com a qual uma pelota pode cair de uma altura de 0,48 m (18") sobre uma placa de aço até que surjam fissuras ou rupturas visíveis. O número de quedas que a pelota suporta nessas condições é o valor de sua resiliência. Essa variável está relacionada às quedas que as pelotas sofrem durante o transporte entre a geração e o consumo, sendo a altura média entre esses pontos de 18" ou 0,48 m. Foi realizado teste de resiliência em pelotas cruas com 7 dias de cura e foi selecionada amostra com faixa granulométrica entre 4 mm e 8 mm.

Teste de resistência mecânica à compressão

Assim como no teste de resiliência, foi realizado teste de resistência à compressão uniaxial em pelotas cruas com 7 dias de cura, com granulometria entre 4 mm e 8 mm. Este parâmetro se aplica na determinação dos esforços suportados por pelotas em pilhas de estocagem ou compactação.

Resultado do teste de resistência mecânica à compressão e do teste de resiliência:

A seguir são apresentados os resultados dos testes aos 7 dias e 28 dias de cura, aos quais as pelotas produzidas foram submetidas.

QUADRO 4.1.4-36 - Resultados dos testes de resiliência e resistência mecânica à compressão

AMOSTRA	RESILIÊNCIA 7 DIAS	COMPRESSÃO 7 DIAS (kgf)	COMPRESSÃO 28 DIAS (kgf)
I	5	0,34	1,39
II	5	0,63	1,20
III	5	1,02	1,83
IV	4	0,35	0,84

Fonte: MULTIPLUS, 2018.

Estes resultados de desempenho mecânico das pelotas ensaiadas estão abaixo do valor ideal, que seria em torno de 2 kgf para a resistência mecânica e acima de 10 para a resiliência.

Vale ressaltar que estes valores de resiliência foram ensaiados somente aos 7 dias devido à quantidade limitada de amostra, e a referência corresponde a valores aos 28 dias. Pelo crescimento obtido nas resistências, é de se esperar que a resiliência chegue bem próximo da referência.

Os resultados de 28 dias de compressão ainda estão abaixo dos valores considerados ideais, mas as amostras I e III estão próximas e indicam a proporção de mistura que poderá ser utilizada para produção de agregado com resistência satisfatória para uso na construção civil e em base de pavimentação. Estes valores deverão atender para usos básicos, como concretos até 18 MPa e para artefatos de cimento dentro deste limite de resistência.

Na sequência dos trabalhos, poderão ser realizados novos estudos para alcançarmos os valores ideais de desempenho mecânico, ajustando as composições testadas. Sugestão, usar 15% cimento e 15% de pozolana. Estes estudos permitirão ampliar seu potencial de uso, por exemplo, para pisos intertravados, que têm especificação usual de 35 MPa, e concretos mais resistentes.

4.1.4.10.2 - Integração dos Dados e Recomendações

Os resultados dos testes laboratoriais conduzidos em parceria com a UFMG mostram que o rejeito e a lama analisados possuem grãos tamanho areia muito fina ou menor (granulometrias areia muito fina, *silte* e argila) e grau de pureza mineralógica e química relativamente elevado, sendo basicamente compostos por quartzo e muscovita.

A mineralogia e os ensaios realizados, incluindo Fluorescência de Raios-X e Espectrometria de Plasma e Absorção Atômica, mostram que os materiais analisados não apresentam metais pesados ou outros minerais e elementos químicos que possam contaminar o meio ambiente.

Os resultados do conjunto de testes realizados, incluindo teste de calcinação, mostraram que o rejeito e lama estudados não possuem mineralogia ideal para gerarem materiais pozolânicos (aglomerantes) de alta qualidade, o que permitiria a adição do rejeito/lama calcinado diretamente na fabricação de cimento. Como consequência desta característica, os materiais não mostraram também uma resistência mecânica ideal, como atestado pelos testes de resistência dos corpos de prova e pelotização. Para uma conclusão definitiva sobre o uso da lama para fins aglomerantes são necessárias amostras maiores e mais representativas, bem como a realização de novos ensaios. Recomendou-se estender o estudo a etapas anteriores do processo de beneficiamento e obtenção da lama para que se possa estudar uma forma de reduzir o teor de quartzo presente neste material, otimizando o seu potencial pozolânico e o espectro de usos possíveis. Esta complementação do estudo poderá abrir novas oportunidades para destinação da lama.

O rejeito arenoso, por outro lado, é um material com ótimas características e adequado para o uso na indústria da construção civil, com destaque como agregado fino em base, sub-base e reforço de subleito para estradas, como agregado fino em geral para concreto e construção, como areia fina de reboco/acabamento e como insumo na fabricação de argamassas.

O uso na construção de base, sub-base e reforço do subleito de rodovias é a aplicação que mostra maior potencial para aproveitamento de rejeitos em larga escala e os estudos realizados demonstraram que os rejeitos do Projeto Bloco 8 são adequados para este fim.

Após análise de mercado o estudo demonstrou que o mercado regional de argamassas no raio de competitividade do Projeto Bloco 8 é dominado por marcas tradicionais como Precon, WeberQuartzolit e Imar, que são produzidas na região metropolitana de Belo Horizonte, com uma pequena parte cabendo a fábricas regionais de pequeno porte como Argamassa Adere de Capelinha, Argamassa Alphaville de Janaúba, Argamassa Montes Claros de Montes Claros e Argamassa Brasil de Virgem da Lapa, sendo que as duas últimas se encontram em processo de retomada de produção após um período sem atividades devido à retração do mercado.

Em todo o mercado regional pesquisado, há uma tendência de melhora da demanda como demonstrado por um crescente de venda declarado pelos comerciantes da região, sobretudo no ano de 2018. Dentre os fabricantes pesquisados, a Argamassa Alphaville e a Argamassa Adere demonstraram interesse concreto por alternativa de fornecimento de areia fina, visto que atualmente este insumo impacta sobremaneira a planilha de custos em função das distâncias de frete dos atuais fornecedores de areia. Os preços praticados no mercado, na faixa de R\$ 40,00 por tonelada, livres do frete, e a demanda crescente por matéria-prima relatada pelos fabricantes locais indica que o mercado de areia fina para fabricação de argamassas é de grande potencial como uma das soluções para destinação dos rejeitos do Projeto Bloco 8.

Em termos estratégicos, para nortear os estudos de viabilidade preliminares, partiu-se da premissa que o principal objetivo da SAM não é buscar receitas adicionais com o aproveitamento dos seus rejeitos, mas buscar uma destinação sustentável para eles, consolidando, no longo prazo, uma postura corporativa sustentável ambientalmente e socialmente para seus acionistas, clientes, comunidades envolvidas e sociedade em geral.

4.1.4.10.3 - Conclusões

Considerando o exposto acima, tem-se as seguintes conclusões:

1. Os rejeitos e a lama analisados possuem relativa simplicidade em termos de balanço de massa e composição química, mostrando granulometrias muito finas e grau de pureza relativamente elevado;
2. As análises química e mineralógica mostram uma composição basicamente de quartzo (86,9%) e muscovita (10%) para o rejeito e quartzo (48,1%), muscovita (29,4%), caulinita (14,2%) e hematita (7,3%) para a lama. Entretanto é importante ressaltar que o volume disponibilizado das amostras pode comprometer sua representatividade, gerando resultados divergentes de outras amostras;
3. Os testes de calcinação, mostram que o rejeito e lama estudados não possuem mineralogia ideal (quantidade de caulinita ou outros argilominerais reativos) para gerarem materiais pozolânicos de alta qualidade;
4. Os testes de uso para pavimentação mostram que os materiais são promissores para este fim;
5. Há ainda a possibilidade para uso dos rejeitos como:
 - a. Agregado artificial de concreto e argamassas, e
 - b. Para produção de pozolana adequada para produção de artefatos de cimento e concretos de uso geral, com requisitos até 18 Mpa.
 - i. Entretanto, são necessárias amostras maiores e mais representativas, bem como a realização de novos ensaios para confirmar estes últimos potenciais, que não foram claramente confirmados em pequena escala. Contudo, em maior escala, não é descartável que se possa ter resultados melhores.
6. Recomenda-se também o estudo de alterações na deslamagem para minimizar o conteúdo de sílica na lama, o que poderia ajudar em sua pozolanidade;
7. A mineralogia e os ensaios realizados mostram que os materiais analisados não apresentam metais pesados ou outros minerais e elementos químicos que possam contaminar o meio ambiente;
8. O rejeito arenoso, com alto grau de pureza e homogeneidade granulométrica, é um material adequado para o uso na indústria da construção civil, com destaque como:
 - a. Agregado fino para base, sub-base e reforço de subleito para estradas;
 - b. Areia fina para reboco/acabamento;
 - c. Insumo para fabricação de argamassas;
 - i. Um aumento da granulometria média deste rejeito favoreceria uma aplicação econômica mais ampla na cadeia da construção civil, indústria de pavimentação, concretagem, moldes de fundição, cerâmica e vidro.
9. A pesquisa de mercado realizada em campo na região centro/norte/nordeste de Minas Gerais indica que há uma tendência de melhora da demanda de materiais para construção civil, como demonstrado por um crescente de venda declarado pelos comerciantes da região, sobretudo no ano de 2018. Dados nacionais o mercado da construção civil, empregos neste setor e consumo de cimento também apontam nesta direção;
10. Para o aproveitamento do rejeito arenoso pode ser estudada no futuro a construção de uma planta para processamento de areias, visando a classificação destas e sua adequação para os diferentes usos. Este estudo será realizado (e somente é possível conclusivamente) após o início de operação da usina. Trata-se de unidade de rápida implantação;

11. A SAM buscará desenvolver o diálogo junto às prefeituras dos municípios ao redor do projeto sobre a disponibilidade dos produtos gerados pelo reaproveitamento dos rejeitos, como fatores de fomento à geração de pequenos negócios nas comunidades atingidas pelo projeto, tais como pequenos fabricantes de blocos e pisos intertravados.

4.1.4.11 - Projeção Populacional em Condição de Fluxo Imigratório

Objetivando prognosticar os reflexos do fluxo imigratório associado à implantação e operação do Projeto Bloco 8 e verificar se suas dimensões tornam-se aceitáveis aos desenvolvimento do empreendimento, apresenta-se, neste item, a composição de seis cenários de projeção populacional para os municípios de Fruta de Leite, Josenópolis, Padre Carvalho, Salinas, e distrito Vale das Cancelas (Grão Mogol); regiões sujeitas à absorção de população migrante direta e indiretamente associada ao Projeto.

Os cenários de projeção populacional ora apresentados visam materializar a perspectiva de dinâmica demográfica a se constituir em curto, médio e longo prazo nos municípios e regiões afetadas pelo advento imigratório oportunizado pelo Projeto Bloco 8, e, a partir deste cenário, consolidar premissas de desenvolvimento do empreendimento que, no tocante ao afluxo populacional, possam prevenir modificações negativas nos processos sociais dessas localidades.

Metodologicamente, três cenários de projeção populacional aludem à dinâmica demográfica a que estarão submetidos tais municípios e regiões sem a implementação do Projeto Bloco 8, e três consideram o aporte objetivo de mão de obra imigrante e a incorporação de população imigrante diversa, atraída por oportunidades variadas de negócio, em advento à implantação do Projeto Bloco 8.

É importante registrar que há sempre algum nível de divergência entre perspectivas de projeção populacional e o crescimento populacional a ser realmente experimentado por uma região. Isso ocorre pela impossibilidade de haver, em qualquer tempo, uma previsibilidade integral dos três fatores basilares ao estudo de populações: fenômenos migratórios, crescimento vegetativo, e taxa de fecundidade.

Mesmo sob tal ressalva, o presente Estudo do Fluxo Migratório Associado ao Projeto Bloco 8, emerge como uma possibilidade de planejamento consistente e verossímil à prevenção de impactos negativos, e conservação de impactos positivos implicados a um afluxo populacional estimulado.

Conclusivamente à modelagem de projeção populacional 2018-2028 apresentada na sequência são premissas para o desenvolvimento do Projeto Bloco 8:

- (i) Possui perfil conservador e considera que a população atraída na fase de implantação do empreendimento não retorna ao seu local de origem com a finalização das obras;
- (ii) a alocação de 30% da mão de obra imigrante em alojamentos;
- (iii) transporte e alocação de 35% da mão de obra imigrante no município de Salinas, 15% em Padre Carvalho e 15% em Fruta de Leite.

Tais medidas são necessárias para equilibrar os coeficientes de alocação de mão de obra imigrante, frente à configuração infraestrutural ofertada pelos municípios e regiões sob influência do Projeto Bloco 8, assegurando uma relação de custo-benefício a cada região, quando se tratam das vantagens e desvantagens inerentes à absorção de população circunstancial.

Cenários de Projeção Populacional - interstício 2018-2028

Como ponto de partida para a presente análise, o Quadro 4.1.4-37 apresenta os quantitativos de contratações e desligamentos de mão de obra local e imigrante necessários à implantação do Projeto Bloco 8, em aderência à meta de contratação de 63% da mão de obra total da etapa de obras com proveniência local - municípios da Região Geográfica Intermediária de Montes Claros - e 37% de mão de obra, imigrante.

QUADRO 4.1.4-37 - Estimativa de Contratações e Desligamentos de Mão de Obra Local e Imigrante - Fase de Implantação

Fase de Implantação	Nº de Contratações Previstas de Trabalhadores Locais	Nº de Desligamentos Previstos de Trabalhadores Locais	Saldo Trabalhadores Locais	Nº de Contratações Previstas de Trabalhadores Imigrantes	Nº de Desligamentos Previstos de Trabalhadores Imigrados	Saldo Trabalhadores Imigrantes
1º ano (meses 1 a 12) (início em outubro de 2020)	166	0	166	87	0	87
2º ano (meses 13 a 24)	2.638	0	2.638	1.573	0	1.573
3º ano (meses 25 a 36) (pico de contratações no 29º mês) (encerramento em outubro de 2023)	1.057	1.799	- 742	626	1.065	-439
Total	3.861	1.799	2.062	2.285	1.065	1.221

Fonte: SAM, 2018. Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

*As datas são previsões que podem variar a depender de fatores como licenciamento ambiental

Para efeito, foram considerados como mão de obra local a proveniente de uma ampla região de influência do Projeto Bloco 8, incluindo, além dos residentes nos municípios de Fruta de Leite, Grão Mogol, Josenópolis, Padre Carvalho e Salinas, os residentes nos municípios de Montes Claros e região.

Em referência à baixa média de anos de estudo e altas taxas de analfabetismos que caracterizam a população dos municípios de Fruta de Leite, Grão Mogol, Josenópolis, Padre Carvalho e Salinas, cerca de 60% das contratações de mão de obra locais devem ser realizadas nos municípios de Montes Claros e demais municípios da região, distintos aos municípios em estudo.

Como tais contratações não preenchem os quesitos de qualificação de movimento pendular para fins de trabalho, que inerentemente deve ser diário, estas foram somadas ao número de contratações de trabalhadores imigrantes para fins de cálculo do fluxo migratório associado ao Projeto Bloco 8. O Quadro 4.1.4-38 apresenta, portanto, os valores considerados como base de cálculo para a presente projeção populacional.

QUADRO 4.1.4-38 - Estimativa de Contratações de Mão de Obra na Fase de Implantação - utilizada para fins de cálculo do Fluxo Migratório Associado ao Projeto

Fase de Implantação	Nº de Contratações Previstas de Trabalhadores Imigrantes e Provenientes de Montes Claros e outros municípios da região
1º ano (meses 1 a 12) (início em outubro de 2020)	187
2º ano (meses 13 a 24)	3.155
3º ano (meses 25 a 36) (mês 29 - pico de obra) (encerramento em outubro de 2023)	1.260
Total	4.602

Fonte: SAM, 2018. Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

Colocados os dados acima, tem-se a perspectiva de que ao final do 3º ano da implantação (36º mês), antes de se iniciar a fase de operação, haja o desligamento gradativo de 2.805 trabalhadores locais e imigrantes, de modo que a fase de operação do Projeto Bloco 8 inicie-se com um efetivo de 1.003 trabalhadores, no total, alcançando um efetivo máximo de 1.155 trabalhadores ao final da operação.

Para a divisão da mão de obra imigrante representada na coluna *Contratações Previstas de Trabalhadores Imigrantes* do quadro acima, considerou-se a seguinte relação percentual de alocação da mão de obra imigrante, segundo municípios / núcleos rurais da Área de Estudo, sendo:

- 30,0% Alojamento (prevê-se a alocação de 32,5% dos trabalhadores em alojamentos dentro da área do projeto, mas há a estimativa que 2,5% desse grupo apresente dissidência quanto ao alojamento e sedie-se no Núcleo Rural do Vale das Cancelas);
- 2,5% em Vale das Cancelas / Grão Mogol;
- 15,0% em Padre Carvalho (distribuídos pela sede urbana, núcleo rural de Campo de Vacaria e de Vacaria Ponte Velha);

- 15,0% em Fruta de Leite (sede urbana e núcleo rural de Vacaria/Ponte Velha);
- 2,5% em Josenópolis (sede urbana);
- 35,0% em Salinas (sede urbana).

Assim, para o cálculo de projeção populacional apresenta-se abaixo o quantitativo de população estimada pelo IBGE para os municípios e regiões consideradas nesta análise, bem como os quantitativos numéricos de trabalhos imigrantes a ser incorporado a cada região, nos três anos de implantação do Projeto.

QUADRO 4.1.4-39 - População Estimada para a Área de Estudo e Quantitativo de Mão de obra Imigrante - Fase de Implantação

	População Estimada 2018	Mão de Obra Imigrante - Fase de Implantação		
		2021	2022	2023
Vale das Cancelas / Alojamento	-	56	947	378
Vale das Cancelas	1.134	5	79	32
Fruta de Leite	5.441	28	473	189
Josenópolis	4.844	5	79	32
Padre Carvalho	6.332	28	473	189
Salinas	41.349	65	1104	441

Fonte: IBGE, estimativa populacional, 2018. Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

Para os cálculos de projeção populacional, foi utilizada a seguinte fórmula:

População Atual = ((População Ano Anterior x Taxa de Crescimento no Período) + (Saldo da Mão de Obra Atual + População Ano Anterior)).

Para construção dos cenários projetados foram utilizadas as seguintes premissas:

- Em um cenário conservador considerou-se que a mão de obra imigrante não deixará o município após o término de suas atividades;
- Para fins de incorporação do saldo de mão de obra atual foram considerados os anos básicos de 2021 (como 1º ano da fase de implantação do Projeto Bloco 8), 2022 (2º ano), e 2023 (3º ano);
- Aplicação de alíquota percentual de incorporação de população imigrante diversa, atraída por oportunidades variadas de negócio na região, em advento à implantação do Projeto Bloco 8: 2021 (0,5% da população de 2020), 2022 (0,5% da população de 2020) e 2023 (0,5% da população de 2020). Tal alíquota foi aplicada apenas nos municípios e núcleos rurais mais diretamente submetidas à influência do empreendimento: Vale das Cancelas, Fruta de Leite e Padre Carvalho.

Destaca-se, ainda, que as taxas de crescimento de cada um dos cenários são aquelas observadas historicamente, tendo como base a evolução das taxas de crescimento avaliadas no período compreendido entre 2000 e 2018, conforme demonstrado no quadro abaixo, e reaplicadas a partir de 2019.

Especificamente para a modelagem do Vale das Cancelas foram considerados os cenários, potencial e provável:

- Potencial: Sem aplicação de medida mitigadora de alojamento dos trabalhadores imigrantes, o que sujeita o Vale das Cancelas à absorção de 32,5% da mão de obra imigrante, prevista para lotação na região;
- Provável: Com aplicação de medida mitigadora de alojamento dos trabalhadores imigrantes, o que sujeita o Vale das Cancelas à absorção de 2,5% da mão de obra imigrante, prevista para lotação na região.

QUADRO 4.1.4-40 - Taxa de Crescimento Populacional Médio Anual da População Total, dos municípios da Área de Estudo - período de 2000 a 2018

Municípios	Taxa de Crescimento Populacional Médio Anual		
	2000-2010	2010-2018*	Média das taxas de crescimento observadas
Vale das Cancelas**	0,55%	0,70%	0,63%
Fruta de Leite	-1,31%	-1,25%	-1,28%
Josenópolis	0,71%	0,85%	0,78%
Padre Carvalho	1,10%	1,18%	1,14%
Salinas	0,65%	0,77%	0,71%

Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2000 e 2010. *Estimativa populacional IBGE. ** Equivale à taxa média de crescimento populacional do município de Grão Mogol. Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

Com a emancipação dos municípios de Fruta de Leite, Josenópolis e Padre Carvalho em 1997, não se considerou interessante realizar cenários de projeção populacional para os municípios de Salinas e região do Vale das Cancelas, sobre a base das taxas de crescimento médio anual intercensitária de 1991-2000, ao que sujeitaria as análises aqui propostas, a significativo vício de resultados.

QUADRO 4.1.4-41- CENÁRIO 1 - SEM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2000 a 2010

	Sem o empreendimento										
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Vale das Cancelas (32,5%)	1.134	1.140	1.146	1.153	1.159	1.165	1.172	1.178	1.185	1.191	1.198
Vale das Cancelas (2,5%)	1.134	1.140	1.146	1.153	1.159	1.165	1.172	1.178	1.185	1.191	1.198
Fruta de Leite	5.441	5.370	5.299	5.230	5.162	5.094	5.027	4.961	4.896	4.832	4.769
Josenópolis	4.844	4.879	4.913	4.948	4.984	5.019	5.055	5.091	5.127	5.164	5.200
Padre Carvalho	6.332	6.402	6.473	6.544	6.616	6.690	6.763	6.838	6.914	6.990	7.067
Salinas	41.349	41.618	41.888	42.161	42.435	42.711	42.988	43.268	43.549	43.832	44.117

Fonte: Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

QUADRO 4.1.4-42 - CENÁRIO 2 - COM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2000 a 2010

				Implantação			Operação				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Vale das Cancelas (32,5%)	1.134	1.140	1.146	1.215	2.174	2.569	2.583	2.598	2.612	2.626	2.641
Vale das Cancelas (2,5%)	1.134	1.140	1.146	1.163	1.254	1.298	1.305	1.313	1.320	1.327	1.334
Fruta de Leite	5.441	5.370	5.299	5.284	5.714	5.855	5.778	5.702	5.628	5.554	5.481
Josenópolis	4.844	4.879	4.913	4.953	5.067	5.135	5.171	5.208	5.245	5.283	5.320
Padre Carvalho	6.332	6.402	6.473	6.605	7.184	7.485	7.568	7.651	7.736	7.821	7.908
Salinas	41.349	41.618	41.888	42.226	43.605	44.329	44.617	44.907	45.199	45.493	45.789

Fonte: Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

De acordo com o projetado no Cenário 2 observa-se que ao final da fase de implantação (ano 2023) a incorporação de contingente populacional nos municípios e regiões em análise equivalerá a: Vale das Cancelas (potencial - 32,5%) 120,45%; Vale das Cancelas (provável - 2,5%) 11,41%; Fruta de Leite 14,94%; Josenópolis 2,30%; Padre Carvalho 11,89%; Salinas 3,79%.

Dentre as regiões analisadas observa-se que no ano crítico da fase de implantação (ano 2023) o aporte populacional potencial no Vale das Cancelas (120,45%) impactará sobremaneira a infraestrutura e prestação de serviços da localidade no referido ano, sem que haja tempo o suficiente para que a região se estruture para acolhê-los.

Já no cenário provável para o Vale das Cancelas, com a aplicação de todas as medidas de controle e mitigação dos impactos advindos da chegada e fixação de mão de obra imigrante e população imigrante adicional, à região, esse aumento de contingente populacional deve baixar para 11,41%, um valor razoável para a assimilação socioeconômica deste contingente populacional, face à infraestrutura/serviços que estarão vigentes na região, no ano de 2023.

Ainda que em Padre Carvalho o percentual de alocação de população imigrante seja um ligeiramente maior do que o verificado no cenário provável do Vale das Cancelas, em 2023, 11,89%, a infraestrutura da sede municipal, somadas às do núcleo rural de Campo de Vacaria e Vacaria/Ponte Velha, permite relativizar que o município de Padre Carvalho encontra-se em situação ainda mais favorável para acolher a população imigrante. Condição também verificada para o município de Fruta de Leite.

A relação entre os Cenários 3 e 4, e 5 e 6, apresentados adiante, possibilita chegar tecnicamente à conclusão compatível à realizada para a análise dos Cenários 1 e 2. Tal feito deve-se à razoável estabilidade de crescimento populacional vigente nos municípios e núcleo rural em análise, nos últimos 18 anos.

QUADRO 4.1.4-43 - CENÁRIO 3 - SEM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2010 a 2018

				Implantação			Operação				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Vale das Cancelas (32,5%)	1.134	1.142	1.150	1.158	1.166	1.174	1.183	1.191	1.199	1.208	1.216
Vale das Cancelas (2,5%)	1.134	1.142	1.150	1.158	1.166	1.174	1.183	1.191	1.199	1.208	1.216
Fruta de Leite	5.441	5.373	5.306	5.240	5.175	5.110	5.047	4.984	4.922	4.861	4.800
Josenópolis	4.844	4.885	4.926	4.968	5.010	5.053	5.096	5.139	5.182	5.226	5.271
Padre Carvalho	6.332	6.407	6.482	6.558	6.635	6.714	6.793	6.873	6.953	7.035	7.118
Salinas	41.349	41.669	41.991	42.316	42.643	42.973	43.305	43.640	43.978	44.318	44.661

Fonte: Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

QUADRO 4.1.4-44 - CENÁRIO 4 - COM O EMPREENDIMENTO - Usando como base as taxas de crescimento populacional médio anuais de 2010 a 2018

				Implantação			Operação				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Vale das Cancelas (32,5%)	1.134	1.142	1.150	1.214	2.175	2.574	2.592	2.610	2.629	2.647	2.666
Vale das Cancelas (2,5%)	1.134	1.142	1.150	1.186	1.279	1.325	1.335	1.344	1.353	1.363	1.372
Fruta de Leite	5.441	5.373	5.306	5.373	5.806	5.948	5.874	5.801	5.729	5.658	5.587
Josenópolis	4.844	4.885	4.926	4.973	5.094	5.169	5.212	5.257	5.301	5.346	5.391
Padre Carvalho	6.332	6.407	6.482	6.717	7.303	7.610	7.700	7.790	7.882	7.975	8.069
Salinas	41.349	41.669	41.991	42.381	43.813	44.593	44.938	45.285	45.636	45.989	46.344

Fonte: Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

De acordo com o projetado no Cenário 4 observa-se que ao final da fase de implantação (ano 2023) a incorporação de contingente populacional nos municípios e regiões em análise equivalerá a: Vale das Cancelas (potencial - 32,5%) 119,18%; Vale das Cancelas (provável - 2,5%) 12,84%; Fruta de Leite 16,40%; Josenópolis 2,29%; Padre Carvalho 13,36%; Salinas 3,77%.

QUADRO 4.1.4-45 - CENÁRIO 5 - SEM O EMPREENDIMENTO - Usando como base a média das taxas de crescimento populacional observadas no período de 2000-2010 e 2010-2018

				Implantação			Operação				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Vale das Cancelas (32,5%)	1.134	1.141	1.148	1.156	1.163	1.170	1.178	1.185	1.192	1.200	1.208
Vale das Cancelas (2,5%)	1.134	1.141	1.148	1.156	1.163	1.170	1.178	1.185	1.192	1.200	1.208
Fruta de Leite	5.441	5.371	5.303	5.235	5.168	5.102	5.036	4.972	4.908	4.845	4.783
Josenópolis	4.844	4.882	4.920	4.958	4.997	5.036	5.075	5.115	5.155	5.195	5.235
Padre Carvalho	6.332	6.404	6.477	6.551	6.626	6.701	6.778	6.855	6.933	7.012	7.092
Salinas	41.349	41.643	41.938	42.236	42.536	42.838	43.142	43.448	43.757	44.067	44.380

Fonte: Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

QUADRO 4.1.4-46 - CENÁRIO 6 - COM O EMPREENDIMENTO - Usando como base a média das taxas de crescimento populacional observadas no período de 2000-2010 e 2010-2018

				Implantação			Operação				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Vale das Cancelas (32,5%)	1.134	1.141	1.148	1.213	2.172	2.570	2.586	2.602	2.619	2.635	2.652
Vale das Cancelas (2,5%)	1.134	1.141	1.148	1.184	1.276	1.322	1.330	1.338	1.347	1.355	1.364
Fruta de Leite	5.441	5.371	5.303	5.369	5.800	5.941	5.865	5.790	5.716	5.643	5.570
Josenópolis	4.844	4.882	4.920	4.966	5.084	5.155	5.195	5.236	5.277	5.318	5.359
Padre Carvalho	6.332	6.404	6.477	6.713	7.295	7.600	7.687	7.774	7.863	7.953	8.043
Salinas	41.349	41.643	41.938	42.328	43.733	44.484	44.800	45.118	45.439	45.761	46.086

Fonte: Elaboração Brandt Meio Ambiente Ltda., 2018.

De acordo com o projetado no Cenário 6 observa-se que ao final da fase de implantação (ano 2023) a incorporação de contingente populacional nos municípios e regiões em análise equivalerá a: Vale das Cancelas (potencial - 32,5%) 119,62%; Vale das Cancelas (provável - 2,5%) 12,94%; Fruta de Leite 16,45%; Josenópolis 2,37%; Padre Carvalho 13,41%; Salinas 3,84%.

4.1.4.12 - Cálculo da Capacidade de Suporte do Córrego Lamarão

Considerando a fase de obras e a necessidade inicial de promover o lançamento de efluentes líquidos sanitários, após tratamento em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no córrego Lamarão, foi realizado um cálculo da capacidade de suporte deste corpo receptor, pela BRANDT, tendo como referência os seguintes quantitativos de geração.

No primeiro ano de obras (1º ao 12º mês), os efluentes tratados na ETE (geração de até 32 m³/dia - 1,3 m³/h) serão lançados no córrego Lamarão, até a implantação de uma lagoa para degradação de matéria orgânica. O lançamento atenderá os padrões estabelecidos na legislação vigente, com destaque para a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG 01/2008 e Resolução CONAMA 430/11, que complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Para esta situação, foi elaborado, pela BRANDT Meio Ambiente, um cálculo da capacidade suporte de carga do córrego Lamarão em receber estes efluentes já tratados.

Este cálculo, em síntese, demonstrou que os efluentes tratados, com vazão e características acima citadas, não irão conferir, ao córrego Lamarão, características em desacordo com o seu enquadramento. O córrego Lamarão é Classe 2, conforme diagnóstico integrante do presente EIA.

Cálculo de lançamento de efluentes no Lamarão: 1º ano

A Resolução CONAMA 430/11, no seu artigo 4º, estabelece que para corpos receptores confinados por calhas (rios e córregos) a porcentagem da concentração do efluente no corpo receptor pode ser expressa segundo a fórmula:

$$CECR = \frac{Q_e}{Q_e + Q_h} \times 100$$

Onde:

Qh= Vazão do curso hídrico (m³/s)

Qe= Vazão do efluente (m³/s)

A concentração do efluente no corpo receptor (CECR) foi calculada e é apresentada a seguir. Verifica-se que a concentração máxima do efluente representa 0,53% do total da vazão do Lamarão, sendo um valor baixo frente à qualidade verificada no córrego.

QUADRO 4.1.4-47 - Parâmetros considerados e resultados dos cálculos de lançamento de efluentes sanitários no córrego Lamarão

Parâmetro	Valor considerado
Vazão máxima do efluente	32 m ³ /dia
Número de colaboradores	250 pessoas
Vazão média do Lamarão	6048 m ³ /dia
Concentração de DBO no Lamarão	1,5 mg/L
Concentração de DBO no efluente	120 mg/L
CECR (máximo)	0,53%
Concentração de DBO na mistura	2,12 mg/L

Fonte: BRANDT, 2018.

Para verificar as concentrações resultantes da mistura (efluente + córrego Lamarão), foi realizado o cálculo da concentração do efluente na área de mistura considerando-se a equação de mistura, a qual retrata as condições de diluição do efluente no curso d'água (VON SPERLING, 1996). O parâmetro determinado para os cálculos foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio que caracteriza a carga orgânica de efluentes sanitários.

$$C_m = \frac{Q_h \cdot C_h + Q_e \cdot C_e}{Q_h + Q_e}$$

Onde:

C_m= Concentração do poluente após a mistura (mg/L)

Q_h= Vazão do curso hídrico (m³/s)

C_h= Concentração do poluente no curso hídrico (mg/L)

Q_e= Vazão do efluente (m³/s)

C_e= Concentração do poluente no efluente (mg/L)

A concentração de DBO no efluente foi estimada segundo o limite máximo de lançamento de efluente sanitário em corpo hídrico segundo a Resolução CONAMA 430/2011. A concentração de DBO no córrego Lamarão foi considerada como a metade do limite de detecção do laboratório, já que os laudos apresentaram resultado censurado (medição onde o resultado é abaixo do limite de detecção laboratorial). A vazão considerada para o córrego Lamarão foi considerada como a média das vazões medidas nas campanhas de amostragem de qualidade da água.

O resultado da concentração de DBO após a mistura (2,12 mg/L) apresentou resultado abaixo do limite máximo considerado para águas doces classe 2 (5 mg/L), portanto não alterando a qualidade da água do Lamarão de forma significativa em termos de carga orgânica. Ressalta-se que no cálculo foi considerado o pior cenário, ou seja, o lançamento dos efluentes com a concentração máxima permitida na legislação. O tratamento previsto para o efluente sanitário pode chegar a concentrações mais baixas que o previsto, reduzindo ainda mais a carga orgânica lançada no curso hídrico.

4.1.4.13 - Levantamento de Cemitérios Irregulares na Área do Projeto

Como parte integrante dos trabalhos de definição do Plano Diretor do Projeto Bloco 8, foram realizados levantamentos com o objetivo de identificar a presença de cemitérios irregulares na área diretamente afetada (ADA) pelas estruturas e instalações previstas. Estes levantamentos foram posteriormente consolidados como parte integrante do diagnóstico do meio socioeconômico.

A partir dos levantamentos realizados, foram identificados 03 cemitérios irregulares na região de inserção do complexo minerário, fora da ADA, e 9 cemitérios na região da barragem do rio Vacaria, também fora da ADA, conforme mostrado na Figura 4.1.4-46. Estes 03 cemitérios mais próximos são denominados de Cemitério Lamarão 1, Cemitério Lamarão 2 e Cemitério Lamarão 3. Ainda que os cemitérios identificados sejam irregulares e não estejam localizados na ADA, foi prevista a mitigação do impacto Isolamento de Comunidades, tendo como execução central a este respeito, o Programa de Manutenção de Acessos e Trafegabilidade que deverá primar pela manutenção dos acessos a estes locais.

O Cemitério 01 apresenta a dimensão aproximada de 26 x 19 metros, com entrada por colchete. Não se nota organização sistemática entre as sepulturas, sendo estas contabilizadas em 27 no total. Apresenta cruzeiro central e bom estado de preservação. A utilização é frequente sendo registrados intervalos entre sepultamentos de desde 1977 até o mais recente, em 03 de janeiro de 2011.



Foto 4.2 - Cemitério 01



Foto 4.3 - Cemitério 01

**Foto 4.4 - Cruzeiro central****Foto 4.5 - Sepultamento do ano de 1977**

O Cemitério 02 encontra-se abandonado, não sendo possível a identificação cronológica. Quase não se notam as sepulturas, sendo estas identificadas somente por sobressaírem pequenos montículos de sedimento. O local é cercado por mourões de madeira, notando-se a falta de alguns desses. Aparentemente, do cruzeiro central, restou somente o principal vertical. Registra-se, a abertura de processo erosivo de grande porte no sentido norte ao lado deste cemitério, com possibilidade de alcance a alguns sepultamentos em seu desenvolvimento. Moradores locais informaram que o cemitério tem mais de 100 anos.

**Foto 4.6 - Cemitério 02****Foto 4.7 - abertura de processo erosivo**

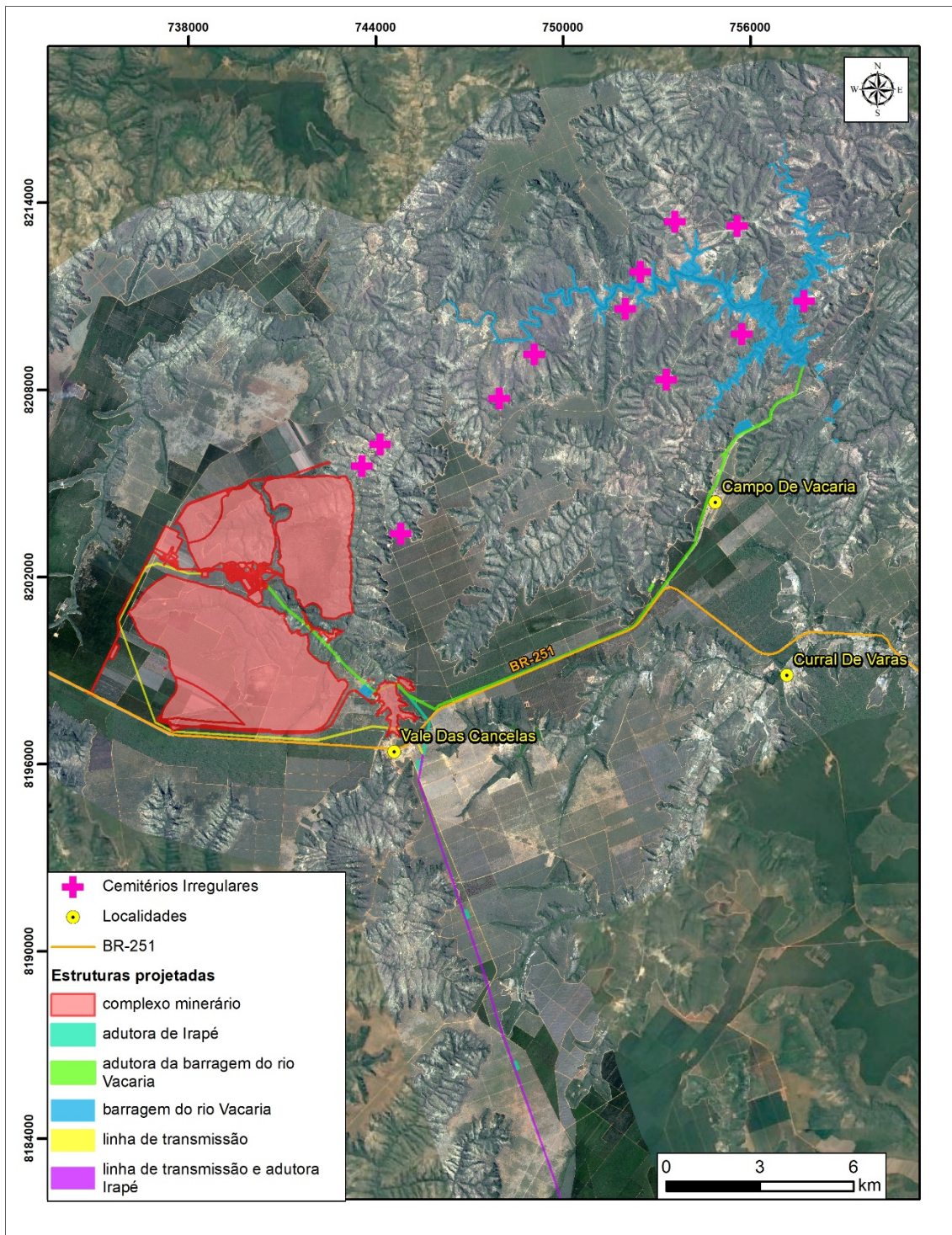


Foto 4.8 - montículos identificados como sepultamentos



Foto 4.9 - Cruzeiro central

FIGURA 4.1.4-46 - Localização de Cemitérios Irregulares



Fonte: BRANDT, 2018.

4.2 - Fase de Implantação

4.2.1 - Cronograma

A implantação do Projeto Bloco 8 será iniciada a partir da obtenção da Licença de Instalação (LI), cabendo ressaltar que projetos de mineração, especialmente aqueles de grande porte (classe mundial), dependem também de linhas de financiamento e condições adequadas de amortização. A SAM fará os melhores esforços para que as tratativas de financiamento estejam efetivamente concluídas antes da obtenção da LI, de modo a acelerar a implantação do empreendimento.

Em termos de cronograma, as atividades e premissas vinculadas à fase de implantação do projeto são as seguintes:

Terraplenagem da usina

- O material eventualmente excedente da terraplenagem da usina será utilizado na construção da barragem 2 de rejeitos.

Construção da barragem do Vale

- Será priorizada para garantir fornecimento contínuo à comunidade no distrito do Vale das Cancelas;
- Uma vez que as barragens de rejeito ocuparão parte das drenagens naturais dos córregos Batalha, Lamarão e Mundo Novo, no início da fase de enchimento da barragem 1 (por volta do Ano 3 de operação), a captação atual, que abastece o Vale das Cancelas, situada no córrego Batalha, terá de ser relocada;
- A barragem do Vale permitirá o abastecimento integral de água do Vale das Cancelas. Foi considerado o crescimento populacional da comunidade com um possível acréscimo de até 10.000 habitantes.

Construção da barragem do rio Vacaria e sua adutora

- Será priorizada para auxiliar no enchimento da barragem do Vale e para o início da operação na usina.

Construção da linha de transmissão

- Será priorizada para prover energia ainda na fase de construção, minimizando custos e impactos associados ao uso de grupos geradores diesel.

Construção da barragem 2

- Primeira estrutura de contenção de rejeitos a ser concluída;
- Estará pronta antes do início da operação na usina;
- Envolverá preparação de fundação com material excedente da terraplenagem da usina e com o estéril gerado na pré-lavra.

Construção da barragem de água industrial

- Estrutura a ser concluída na fase de implantação para garantir maior a segurança do projeto em relação ao enchimento de seu reservatório.
- A barragem industrial deverá estar concluída ao final das atividades da pré-produção. O tempo estimado de construção da barragem industrial é de 2 anos, considerando a utilização de estéril da lavra, material de empréstimo na área do reservatório e/ou oriundo das escavações obrigatórias na região.

Aquisição de equipamentos

- Os equipamentos principais, com prazo de entrega crítico, poderão requerer encomenda ainda anterior à obtenção da LI;
- De maneira geral, as compras se iniciarão logo após a obtenção da LI e prosseguirão em paralelo à evolução da engenharia detalhada e às necessidades da montagem.

Montagem eletromecânica

- A montagem eletromecânica se iniciará, provavelmente, no segundo ano, tão cedo quanto haja equipamentos e materiais suficientes na obra e se tenha concluído a terraplenagem;
- No segundo ano será a fase mais intensa da montagem eletromecânica da usina;
- No terceiro ano de implantação será concluída a montagem, iniciando-se os testes em vazio e com água.

Pré-lavra

- No segundo ano, também serão iniciadas as atividades de pré-lavra, com remoção de estéril e formação de uma pilha estratégica de minério. O estéril será usado na construção da barragem 2.

Construção da barragem 1

- Importante destacar que a construção da barragem 1 de rejeitos não está vinculada à fase de implantação do Projeto Bloco 8, uma vez que será necessária somente após o início da operação.

Construção da Adutora de Água

- Para o início das operações, no Ano 1, a adutora de água, do rio Vacaria ou de Irapé, deverá ser concluída.

O cronograma de implantação é apresentado na Figura 4.2.1-1, totalizando 36 meses, e 06 meses de posta-em-marcha (*ramp-up*).

FIGURA 4.2.1-1 - Cronograma de Implantação do Projeto Bloco 8

Atividade / Estrutura	2021												2022												2023												2024						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
Obtenção de LI																																											
Terraplenagem da Usina																																											
Aquisição de Equipamentos																																											
Montagem Eletromecânica																																											
Testes em vazio e com água																																											
Posta em marcha																																											
Pré-lavra																																											
Barragem Vacaria																																											
Barragem do Vale																																											
Barragem Industrial																																											
Barragem 2																																											
Adutora																																											
Linha de alta tensão																																											

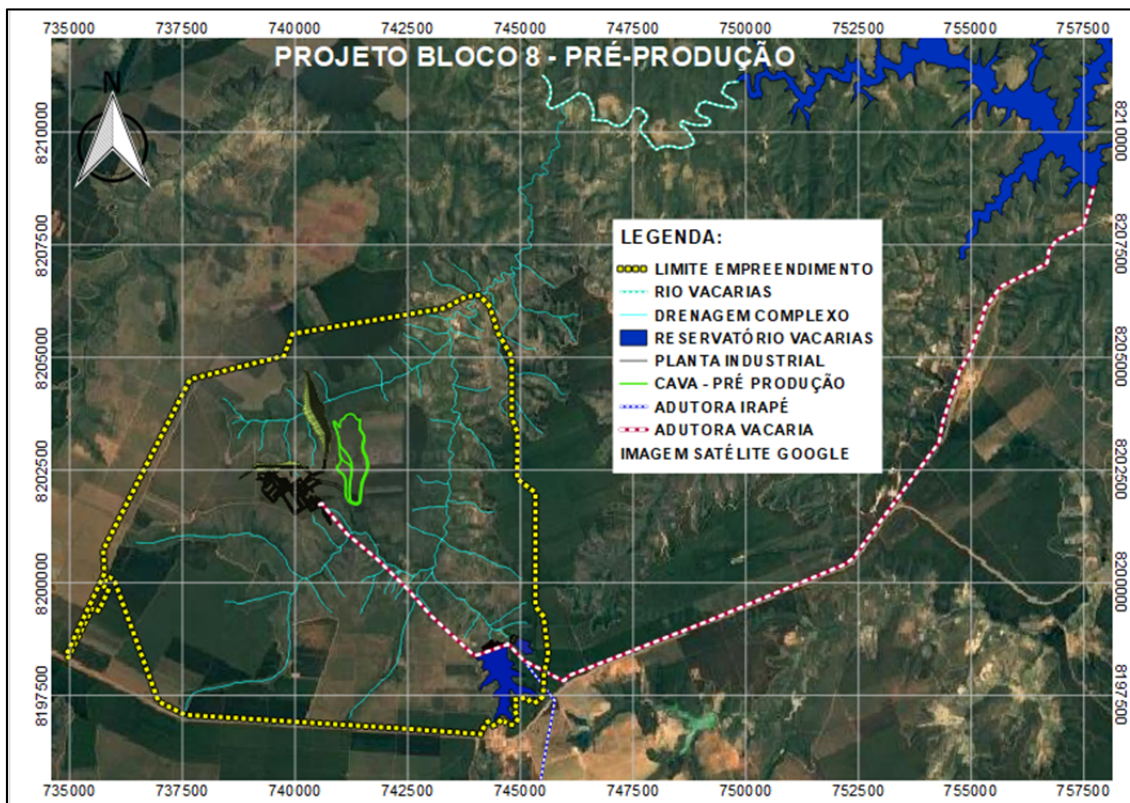
Fonte: SAM, 2018.

Para o início das operações do Projeto Bloco 8, as seguintes estruturas deverão estar concluídas:

- Usina de Tratamento de Minério;
- Barragem do rio Vacaria;
- Barragem do Vale;
- Barragem industrial;
- Adutora de água;
- Limpeza da área das explorações da cava na pré-produção;
- Maciço Inicial da barragem 2 na EL. 890,00 m.

A Figura 4.2.1-2 apresenta o arranjo geral do Projeto Bloco 8 com as estruturas do empreendimento no final do ano da pré-produção.

FIGURA 4.2.1-2 - Arranjo Geral do Projeto Bloco 8 - Final das atividades de pré-produção



Fonte: SAM, 2018.

4.2.2 - Atividades Construtivas Gerais

4.2.2.1 - Limpeza e Supressão de Vegetação

Depois de obtidas as autorizações de supressão de vegetação junto aos órgãos responsáveis, as primeiras atividades a serem executadas serão a orientação da equipe responsável pela sua realização, demarcação dos perímetros das áreas autorizadas ao desmate e acompanhamento das ações. O treinamento incluirá os procedimentos operacionais e de segurança. O acompanhamento do desmate será feito por profissionais devidamente habilitados e capacitados (engenheiros florestais, biólogos, entre outros).

Antes do início da supressão vegetal, serão demarcadas as árvores de interesse madeireiro. Inicialmente, serão feitos os cortes de vegetação arbustiva ou de sub-bosque, com o objetivo de reduzir os danos nas madeiras potencialmente aproveitáveis. Com utilização de equipamentos apropriados, serão removidas as árvores de menor porte a serem destinadas à lenha. As árvores com potencial para madeira serão cortadas por último, de forma a facilitar sua retirada.

Será realizada seleção e empilhamento manual do material lenhoso, sendo o mesmo dividido, separadamente, em pilhas de lenha e de toras. A lenha deverá ser destinada a uso social nas comunidades próximas ao empreendimento. As madeiras, com potencial uso em serraria, serão identificadas de acordo com a espécie, sendo os dados registrados em planilha.

Por fim, com auxílio de trator, haverá retirada de tocos que serão picados com motosserra e transportados até o local de acondicionamento do material lenhoso.

Depois de retirado o material lenhoso possível de ser aproveitado como madeira ou lenha, ainda restará um certo volume de biomassa vegetal (folhas, ramagem, cavacos e serrapilheira) sem aproveitamento econômico. Este material, em conjunto com a camada superior do solo, possui grande valor para reabilitação de áreas degradadas, pelo que deverá ser recolhido e disposto em local apropriado, para usos futuro.

Estimativas preliminares de geração do volume de material lenhoso, foram realizadas com o objetivo de considerar a suficiência de áreas para estocagem temporária destes materiais nos canteiros de obras e frentes de serviço. Foi estimado um quantitativo de 585.000 m³ de madeira, demandando uma área total de estocagem de 60 ha (1 m³ para cada 1 m² para estocagem), caso a supressão viesse a ocorrer em um único momento, o que, na prática, não ocorrerá. Ressalta-se que, no complexo minerário, a retirada da vegetação ocorrerá gradativamente durante as obras de implantação e operação para a abertura da cava e às barragens de rejeito. Em relação às adutoras, linha de transmissão e Barragem de Vacaria tal supressão ocorre em totalidade na fase de implantação, seguindo-se de recuperação.

As referências específicas utilizadas (m³/ha) são listadas a seguir. Há que se ressaltar que estas estimativas são ainda muito preliminares e os quantitativos de volume lenhoso serão obtidos a partir da elaboração do inventário florestal previsto para a fase de licenciamento de instalação.

- Área savânica: 40,5 m³/ha;
- Campo Cerrado: 40,5 m³/ha;
- Cerrado Rupestre: 40,5 m³/ha;
- Savana Arborizada: 40,5 m³/ha;
- Savana Plantada: 40,5 m³/ha;
- Silvicultura: 245 m³/ha;
- Floresta Estadual Semidecidual: 80 m³/ha.

Destaca-se que, para estimativa de volume lenhoso nas áreas de Floresta Estadual Semidecidual, foram utilizadas informações obtidas de amostragem realizada em fragmento presente na área do projeto. Foram amostrados 2.100 m² desta fisionomia e obtido um valor de 16,71 m³ de madeira.

A madeira aproveitável será transportada para fora da área desmatada e levada ao seu destino temporário ou final. Quando o superficiário tiver direito à madeira, o pátio de estocagem deverá ser localizado, preferencialmente, dentro de sua propriedade, em área antropizada ou de pastagem, em comum acordo com o mesmo. Em linhas gerais, estas áreas serão internas àquelas já delimitadas para as frentes de serviço relacionadas com as supressões e canteiros de obras.

4.2.2.2 - Aberturas de Estradas de Acesso

Para o apoio operacional e administrativo das atividades do Projeto Bloco 8 haverá a necessidade de implantação de vias de acesso internas, pavimentadas com pistas de rolamento com largura estimada de 8 m e sinalização de segurança, interligando as diversas áreas do empreendimento. Da mesma forma, haverá necessidade de implantação de estrada de serviço, para ligação entre a mina, *backfill* e as moegas do circuito de britagem, para circulação exclusiva de caminhões fora de estrada e de equipamentos pesados de mineração, com largura estimada de 30 m.

4.2.2.3 - Obras de Terraplanagem e Desmontes de Rocha

As obras de terraplanagem e de desmonte de rochas serão realizadas em conformidade com os projetos de engenharia. O desmonte de rochas somente ocorrerá com atendimento de plano de fogo específico e com acompanhamento obrigatório de *blaster*, profissional qualificado e legalmente credenciado para operações com explosivos. Serão adotadas todas as medidas cabíveis para garantir a segurança de pessoas e instalações.

4.2.2.4 - Transporte e Deposição de Material Excedente

Eventuais excedentes de material terroso e de rochas decorrentes das obras de terraplanagem e preparação do terreno para construção de obras civis e para preparação e desenvolvimento da cava da mina serão transportados por caminhões basculantes e depositados, de forma controlada, no local destinado ao material estéril. Para as obras das adutoras também serão criadas áreas de disposição de material excedente (ADME), conforme apresentado no item 4.2.9.

4.2.2.5 - Obras Civis

Todas as metodologias relacionadas com as obras de construção civil e montagem eletromecânica serão definidas em projetos de engenharia, atendendo as normas legais e técnicas vigentes e executadas na conformidade das melhores práticas de execução e controle e do estado da arte.

4.2.2.6 - Montagem Eletromecânica

Da mesma forma, todas as metodologias relacionadas com as obras de montagem eletromecânica serão definidas em projetos de engenharia, atendendo as normas legais e técnicas vigentes. As atividades, assim como nas obras civis, também serão realizadas na conformidade das melhores práticas de execução e controle e do estado da arte.

4.2.2.7 - Atividades de Implantação das Barragens

Para atendimento aos volumes de rejeito a serem depositados nas barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8, verificou-se que tanto a barragem 1 quanto a barragem 2 não apresentam capacidade individual para atender a todo o volume a ser gerado para os 18 anos de produção.

Desta forma, para os estudos de disposição de rejeitos, foi considerada a disposição simultaneamente nas duas barragens. Para isto, para a implantação das barragens iniciais, diques de sela e estruturas auxiliares, foi levado em consideração o tempo de construção de cada uma das barragens, em função de suas particularidades, volumes de estéril da etapa de pré-produção e o volume de material a ser gerado nas escavações na região da planta industrial.

Assim sendo, as estruturas iniciais do empreendimento deverão ser construídas em até 3 anos antes do início da exploração do minério (Ano -2, Ano -1 e Pré-produção), sendo consideradas as construções das barragens de água (barragem industrial e do Vale) com os materiais de áreas de empréstimo da região, internas aos reservatório, e a implantação da barragem 2 com o estéril gerado pelas atividades de pré-produção, somado aos volumes disponíveis das escavações nos platôs da planta industrial. Nesta fase serão ainda implantados os extravasores das estruturas.

A seguir são apresentadas informações sobre os métodos construtivos das obras das barragens.

Supressão de Vegetação e Limpeza da Área

Os serviços para implantação das barragens serão iniciados pela remoção do material de origem vegetal, incluindo a supressão de vegetação e destocamento, de forma que a superfície resultante se apresente completamente livre de qualquer detrito.

Conforme já mencionado, os materiais provenientes da supressão de vegetação serão estocados. A sua destinação final será realizada em conformidade com as legislações ambientais vigentes e as devidas autorizações dos órgãos ambientais. Cabe destacar que a camada de solo vegetal (*topsoil*) poderá ser armazenado em área apropriada na área do Projeto Bloco 8 e, posteriormente, utilizado para proteção vegetal de taludes e/ou aterros.

Preparo das Fundações

Toda a superfície final de fundação deverá ser protegida contra danos provocados por erosão e intemperismo ou decorrentes do tráfego de equipamentos, até que os materiais previstos no projeto (solos, filtros e transições) sejam lançados.

Taludes negativos ou muito íngremes, que não permitam a colocação correta de aterros, deverão ser regularizados.

Nas operações para o preparo de fundações de aterros, além do desmatamento, destocamento e raspagem, deverá ser efetuada a remoção de materiais moles.

A superfície final de fundação deverá ser protegida contra danos provocados por erosão e intemperismo, ou decorrentes do tráfego de equipamentos, até que os materiais previstos sejam lançados.

Construção dos Maciços das Barragens com Solo

Os maciços compactados das barragens do Vale, industrial, diques de partida das barragens 1 e 2 e, posteriormente, os alteamentos da barragem 2 serão executados de acordo com a geometria e dimensões das zonas indicadas no projeto para os diversos tipos de materiais.

As atividades de construção do maciço compactado incluirão:

- Lançamento, espalhamento, homogeneização e compactação de materiais terrosos nas zonas da barragem;
- Lançamento e compactação de filtros e transições;
- Controle de qualidade dos serviços acima;
- Serviços de instrumentação da barragem.

A construção do maciço da barragem Vacaria deverá ser feita em duas etapas.

Na etapa inicial, o rio deverá permanecer em seu leito natural. Basicamente, deverão ser executados os seguintes serviços:

- escavação do canal e construção da estrutura da galeria de desvio;
- limpeza e escavação da fundação da barragem e estruturas auxiliares, junto às ombreiras;
- construção do maciço da barragem, junto às ombreiras;
- construção da estrutura da tomada d'água.

Na segunda etapa, o rio deverá ser desviado pela galeria de desvio, sendo executados os seguintes serviços:

- construção das ensecadeiras de montante e de jusante;
- desvio do rio pela galeria;
- limpeza e escavação da fundação da barragem, na região do leito do rio e parte das ombreiras;
- construção do maciço da barragem na região do leito do rio e das ombreiras.

A segunda etapa deverá ser executada, obrigatoriamente, entre os meses de maio e outubro, correspondente ao período de estiagem. Após o fechamento do desvio de segunda etapa, será iniciado o enchimento do reservatório, período no qual será feita a instalação da tubulação de adução e de descarga de fundo na galeria de desvio.

Materiais de Construção

Os materiais a serem utilizados na construção dos aterros serão obtidos das escavações em estéril da mina, complementado por escavações das áreas de empréstimo de materiais terrosos nos reservatórios das barragens, de jazidas de areia, de estoques e/ou de pedreiras e deverão atender a todos os requisitos destas especificações. Estes materiais poderão ser naturais ou processados, de acordo com o projeto.

Transições e Filtros

Os materiais de transição e filtros para a barragem serão obtidos de jazidas de areias e de britagem de rochas e deverão ser constituídos de partículas duras e duráveis e apresentar aspecto limpo, ausência de raízes, fragmentos de madeira ou matéria orgânica.

A areia a ser utilizada poderá ser natural ou composta por material obtido em areais próximos ou da britagem de rochas na central prevista (“areia artificial”).

Para a compactação dos enrocamentos e transições, deverão ser utilizados rolos de cilindro liso, constituído por um único cilindro vibratório, rebocados por tratores de esteira ou autopropelidos.

Materiais Terrosos

O material do núcleo da barragem deverá vir do estéril e de áreas de empréstimo devidamente investigadas.

Os solos lançados na praça de compactação deverão estar isentos de detritos vegetais, matéria orgânica ou outros materiais deletérios. Caso, por descuido estes materiais sejam lançados na praça de compactação, os mesmos deverão ser retirados e lançados em área de disposição de material excedente devidamente autorizada.

Os aterros deverão ser executados conforme indicado no projeto, constituído por solos compactados com grau de compactação maior ou igual que 95%, relativamente ao Ensaio Proctor Normal (NBR 7182 da ABNT).

Os equipamentos de compactação serão constituídos de rolos com patas, do tipo “*tamping*” ou pé-de-carneiro, pneumáticos, lisos vibratórios e soquetes mecânicos de operação manual.

Serão utilizados equipamentos em número suficiente para que seja mantida uma produção uniforme e contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos.

Compactadores Manuais

Os compactadores mecânicos manuais serão utilizados para a compactação de materiais em áreas inacessíveis a outros tipos de compactadores, junto a paredes ou muros de concreto e em locais de instalação de instrumentação.

Execução dos Aterros

Os aterros deverão ser construídos conforme os alinhamentos, greides e seções transversais indicados nos projetos.

As superfícies dos aterros de solo, durante e após a execução, deverão ser mantidas sempre com declividade tal que permita uma rápida drenagem das águas pluviais.

Durante a colocação dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que difira substancialmente, em características geotécnicas, do material circundante.

4.2.2.8 - Atividades de Implantação da Linha de Transmissão

Basicamente, os seguintes serviços estarão associados à construção da linha de transmissão:

- abertura de acessos;
- limpeza da faixa de servidão;
- execução das fundações das estruturas;
- montagem e aterramento das estruturas;
- lançamento e tensionamento de cabos;
- sinalização da LT.

Abertura de Acessos

Como premissa básica, serão aproveitados, sempre que possível, os acessos já existentes. Nas áreas onde houver necessidade de abrir ou modificar vias existentes, serão executadas obras de drenagem com revestimentos, enrocamentos ou similares, que garantam estabilidade e evitem processos erosivos. Todos os taludes produzidos por corte ou aterro serão drenados através de canaletas, com a utilização de degraus e caixas de dissipação de energia, quando necessário. As porções dos taludes que apresentarem solo exposto serão revegetadas.

Na transposição de cursos d'água, em geral, o dimensionamento considerará a vazão mínima, permitindo o livre escoamento das águas.

Não serão atravessadas áreas de preservação permanente, tais como veredas, matas de galeria, matas ciliares e nascentes.

Limpeza da Faixa de Servidão

A linha terá faixa de servidão com largura de 50 metros, sendo 25 metros para cada lado a partir de seu eixo. Estima-se que seja necessária, para a construção e operação da linha, a abertura de um corredor com 10 metros de largura.

A supressão vegetal na faixa de servidão, se necessária, será executada nos trechos com matas, capoeiras e eucaliptos. Não serão considerados como necessários os serviços de limpeza de faixa nos trechos de linha onde existem pastagens ou culturas agrícolas. Ressalta-se que a LT está sendo projetada procurando reduzir-se ao máximo a supressão vegetal ao longo de sua faixa de servidão. Deste modo, será evitado o posicionamento de estruturas em locais com remanescentes de mata.

As árvores e arbustos serão cortados rente ao solo. Os métodos de supressão vegetal serão tais que produzam o menor dano possível à camada orgânica. Não será permitida a raspagem da faixa, exceto nos locais de montagem das estruturas. Será proibido o processo de queimada para fazer a supressão da vegetação e não será permitida a aplicação de herbicidas. O corte seletivo, se necessário, atingirá todas as árvores que, em caso de tombamento, possam causar danos à LT.

Em relação à limpeza dos terrenos, essa atividade será realizada somente após a obtenção de autorizações específicas de supressão vegetal, as quais são normatizadas e balizadas por critérios técnicos de engenharia florestal, objeto de análise na fase de licenciamento ambiental de implantação.

Banquetas e outros tipos de controle de erosão devem ser construídos, quando houver necessidade, para prevenir erosão do solo nos caminhos de acesso e ao longo da faixa de servidão.

Execução das fundações das estruturas

Serão utilizadas na LT as seguintes fundações:

- tubulão: fundação profunda de concreto armado, de base alargada e forma cilíndrica, com profundidade variando de 3 a 10 metros, de acordo com o tipo de solo e esforços na fundação;
- sapata: fundação rasa de concreto armado, de pequena altura em relação às dimensões da base. É aplicada a pequenas profundidades (inferiores a 4 metros), devido à dificuldade de escavação, sendo seu uso desaconselhável em áreas sujeitas à erosão;
- bloco ancorado em rocha: fundação rasa de concreto armado, com base atirantada em rocha sã.

A escavação das fundações poderá ser executada tanto manual quanto mecanicamente. Para diâmetros inferiores a 70 cm, a escavação dos tubulões será obrigatoriamente mecânica.

Serão abertas valetas de escoamento, com profundidade mínima de 40 cm, para evitar acúmulo das águas de chuva nos pés das estruturas metálicas nos locais de provável ocorrência. Deverão ser tomadas, em casos especiais, medidas que evitem o desmoronamento de terra e atenuem os efeitos de erosão.

Em torno e bases dos pés das estruturas metálicas, deverão ser executadas banquetas de terra, de altura mínima de 20 cm, sobre o terreno circunvizinho, de forma a desviar as águas pluviais.

Será utilizado concreto estrutural nas fundações.

As áreas para disposição de material excedente (ADME) serão as mesmas que foram estabelecidas para a adutora de Irapé, fora de áreas de preservação, reserva legal das propriedades ou qualquer outro local com fragmentos florestais bem conservados.

Após a exploração destas áreas, serão efetivados os trabalhos de revegetação e recuperação de áreas degradadas, a ser detalhado na fase de licenciamento de instalação.

Montagem e aterramento das estruturas

As peças das estruturas serão levadas até o local em que serão montadas. Dependendo do grau de dificuldade de acesso ao local de montagem, estas peças poderão ser inclusive levadas de forma individual, carregadas pelos montadores.

A montagem das estruturas poderá ser peça por peça ou por seções pré-montadas no solo e depois içadas e colocadas em seu lugar definitivo. Estas estruturas serão presas no concreto dos blocos de fundação por peças fixas embutidas e previamente instaladas para este fim.

As cadeias de isoladores e ferragens respectivas serão montadas no nível do solo, e içadas após a montagem das estruturas.

As ferragens de suporte dos acessórios e peças isoladas serão montadas por pessoal especializado, com as estruturas no local.

Serão instalados cabos e dispersores de aterramento em acordo com os requisitos de valor de resistência à terra e de escoamento das correntes de surto e de descarga atmosférica.

A instalação do sistema de aterramento deverá ser efetuada imediatamente após a execução das fundações e antes ou simultaneamente à montagem das estruturas, e obrigatoriamente antes do lançamento dos cabos, tendo em vista a proteção contra possíveis descargas elétricas.

Os cabos de aterramento serão colocados em valetas com profundidade de 50 cm. A instalação dos cabos poderá ser efetuada manualmente ou mecanicamente.

Lançamento e tensionamento dos cabos

Os cabos condutores e para-raios serão lançados e tensionados apenas após a revisão e aprovação das estruturas já montadas.

O lançamento e tensionamento dos cabos compreendem: preparação de praças de lançamento e de colocação das bobinas, lançamento, execução de emendas, regulação, instalação de conjuntos de fixação, instalação de armaduras, grampeamento, instalação de “jumpers”, e amortecedores de vibração e instalação de esferas de sinalização.

Para a execução dos serviços serão empregadas estruturas de proteção com altura adequada, garantindo a distância mínima exigida dos obstáculos. Será executada sinalização visual de segurança, para prevenir acidentes com veículos, pedestres em trânsito e animais.

Para se evitar a supressão vegetal durante a construção, onde aplicável, durante o processo de lançamento dos cabos, deverá ser utilizada a técnica denominada “lançamento sob tração mecânica”, cujos passos principais são apresentados a seguir:

- será utilizado um cabo piloto, de aço extra-flexível, com dispositivo antigiratório, que poderá ser puxado manualmente, rente ao chão, por entre as árvores existentes;
- o cabo piloto deverá passar por roldanas instaladas no alto das estruturas, nos pontos de fixação das cadeias de isoladores, e após ter sua extremidade puxada pelo tensionador, ficará acima da copa das árvores;

- a outra extremidade do cabo piloto deverá ser emendada ao cabo da LT que está sendo lançado, empregando-se para isso conexões provisórias adequadas (camisas de aço ou similares);
- o cabo da LT deve ser puxado pelo fio piloto diretamente da bobina para o tensionador, e deste para as roldanas da torre adjacente, sempre acima da copa das árvores;
- o lançamento dos cabos deve ser feito cuidadosamente, em regime lento e regular, de modo a evitar solicitações anormais que possam danificar o cabo. Deve ser instalado dispositivo adequado para impedir que o cabo, após sair da bobina, sofra trações capazes de danificá-lo. A tração do cabo deverá se situar numa faixa entre 10% a 30% daquela especificada nas tabelas de esticamento.

Os cabos em movimento devem ser mantidos, preferencialmente, a uma altura mínima de quatro metros da copa das árvores. Caso necessário, deverão ser instalados cavaletes, estruturas ou apoios provisórios para manter a distância adequada ao topo das árvores.

Sinalização da linha de transmissão

A empresa responsável pela construção da LT instalará um sistema completo de sinalização, que compreenderá:

- sinalização para inspeção aérea e terrestre;
- sinalização para advertência de perigo;
- sinalização de advertência nas proximidades de aeroportos.

Esta sinalização será efetuada por meio de instalação de placas nas estruturas e instalação de esferas nos cabos para-raios, conforme definições do projeto executivo, normas e legislação específica sobre o assunto.

4.2.3 - Investimentos

O investimento no Projeto Bloco 8 foi estimado em cerca de 7,25 bilhões de reais, a partir da engenharia conceitual desenvolvida. Esta estimativa foi feita mediante cotação dos principais equipamentos do processo e aplicação de índices compatíveis com o porte do projeto e com experiências anteriores das empresas projetistas e da própria SAM, considerando:

- Obras civis, concreto, terraplenagem e construção;
- Equipamentos e materiais: tubos, cabos, estruturas metálicas, revestimentos metálicos, caldeiraria, etc.;
- Montagem eletromecânica;
- Custos indiretos: peças sobressalentes, frete, seguros e custos de importação;
- Geral: terra, meio ambiente, custos dos proprietários, engenharia, gerenciamento de construção e contingência, entre e outros.

A SAM já investiu, até o momento, cerca de US\$ 148 milhões, incluindo a aquisição dos direitos minerários, despesas operacionais, pesquisa mineral, estudos ambientais e projetos de engenharia. A estimativa total de investimento é apresentada no Quadro 4.2.3-1.

QUADRO 4.2.3-1 - Estimativa de Investimento (x R\$ 1.000.000,00)

Item	Total	Mina	Usina	Sistema de Rejeitos	Sistema de Água
Obras Civas	643,5	179,1	223,9	196,5	44,0
Equipamentos	2.239,8	590,2	1.512,1	45,9	91,6
Materiais	1.008,6	29,4	877,8	32,1	69,3
Montagem Eletromecânica	726,3	35,4	623,6	27,1	40,2
Outros	119,2	29,5	73,6	2,3	13,7
Custos Indiretos	314,0	171,4	132,2	3,5	7,0
Geral	2.199,2	506,1	1.451,5	129,6	112,1
Total	7.250,7	1.541,0	4.894,8	436,9	377,9

Fonte: SAM, 2018.

Nas condições consideradas, o projeto é economicamente viável e justifica sua implantação. Um dos principais fatores de viabilidade são as características do minério, que permitem baixo custo de processamento e produto de alto teor. A expectativa atual é que os custos operacionais do Projeto Bloco 8 se situem no primeiro quartil da curva de custos mundial, garantindo-lhe viabilidade de longo prazo, a despeito de seu baixo teor.

4.2.4 - Mão de Obra e Regime de Trabalho

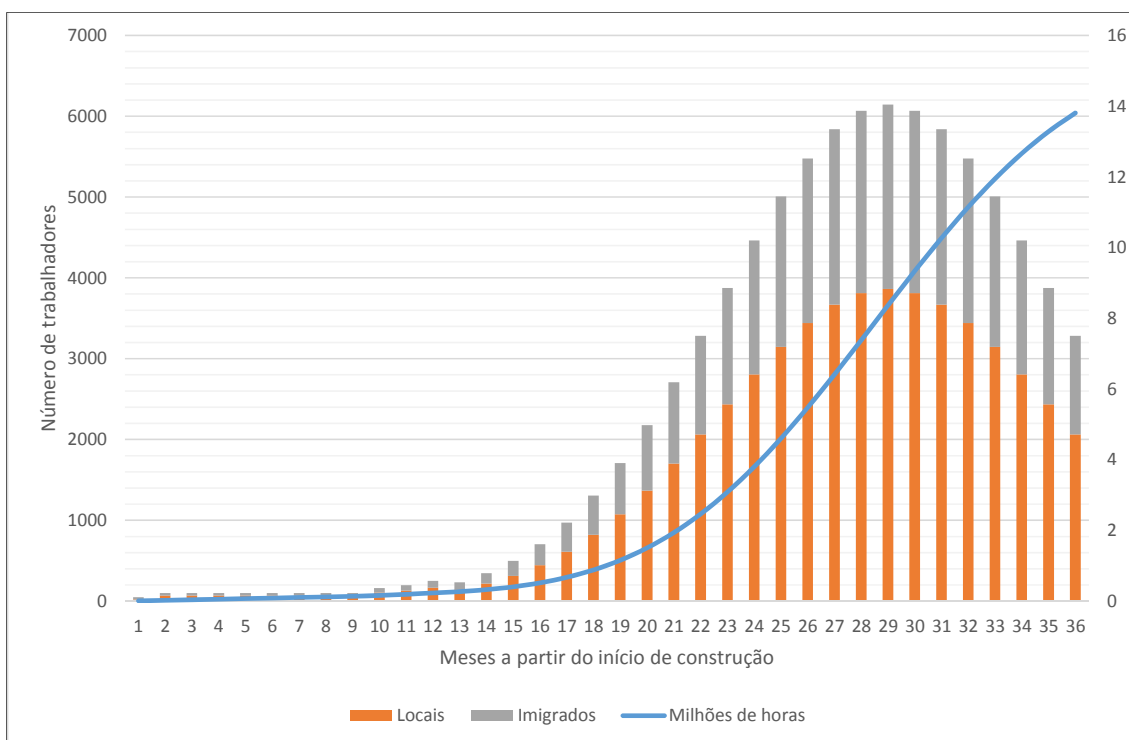
Na fase de implantação, estima-se que serão alocados, no pico das obras, aproximadamente, 6.150 trabalhadores, conforme histograma apresentado a seguir. Este histograma foi estabelecido levando-se em consideração o atendimento à construção simultânea da linha de transmissão, barragem do rio Vacaria, adutoras de água, barragens de água e complexo minerário (pré-lavra e usina de tratamento de minério).

O perfil funcional envolverá empregados não especializados (ajudantes, serventes e auxiliares), semiespecializados (operadores, mecânicos, carpinteiros, armadores e etc.) e especializados (técnicos, engenheiros, administradores). O tempo de permanência na obra variará de acordo com o serviço requisitado para as diversas atividades como terraplanagem, construção civil, montagem eletromecânica, apoio administrativo, segurança, limpeza, dentre outros.

Durante as obras, a mão de obra será formada por 1% de profissionais de nível superior, 36% de nível médio / técnico e 63% de nível básico, aproximadamente.

A mão de obra disponível na região é em geral não especializada, apesar de abundante. Para a implantação e operação do Projeto Bloco 8, será possível recorrer a trabalhadores de Grão Mogol, Salinas, Fruta de Leite, Padre Carvalho, e outras cidades da região, bem como, possivelmente, Montes Claros. Faz parte dos planos da SAM esforço de qualificação de mão de obra local, que permita utilização de grande contingente da região. Apesar deste esforço, é razoável esperar que seja necessária utilização também de mão de obra oriunda de localidades externas à região.

FIGURA 4.2.4-1- Histograma de mão de obra durante a implantação



Fonte: SAM, 2018.

Está previsto que o regime de trabalho na fase de obras seja de 365 dias por ano, com perda de 5 dias, devido ao clima ou motivos de força maior. As obras acontecerão 24 horas por dia, em turnos de 8 horas cada um. Em síntese:

- Dias trabalhados por ano: 365;
- Turnos por dia: 3;
- Horas por turno: 8;
- Horas programadas por dia: 24;
- Horas programadas por ano: 8.760;
- Número de equipes trabalhando em turno: 4.

Na fase de implantação do Projeto Bloco 8, a folha salarial máxima será de até cerca de 10,9 milhões de reais mensais, aos quais se deve acrescentar encargos sociais, benefícios e despesas.

4.2.5 - Alojamentos

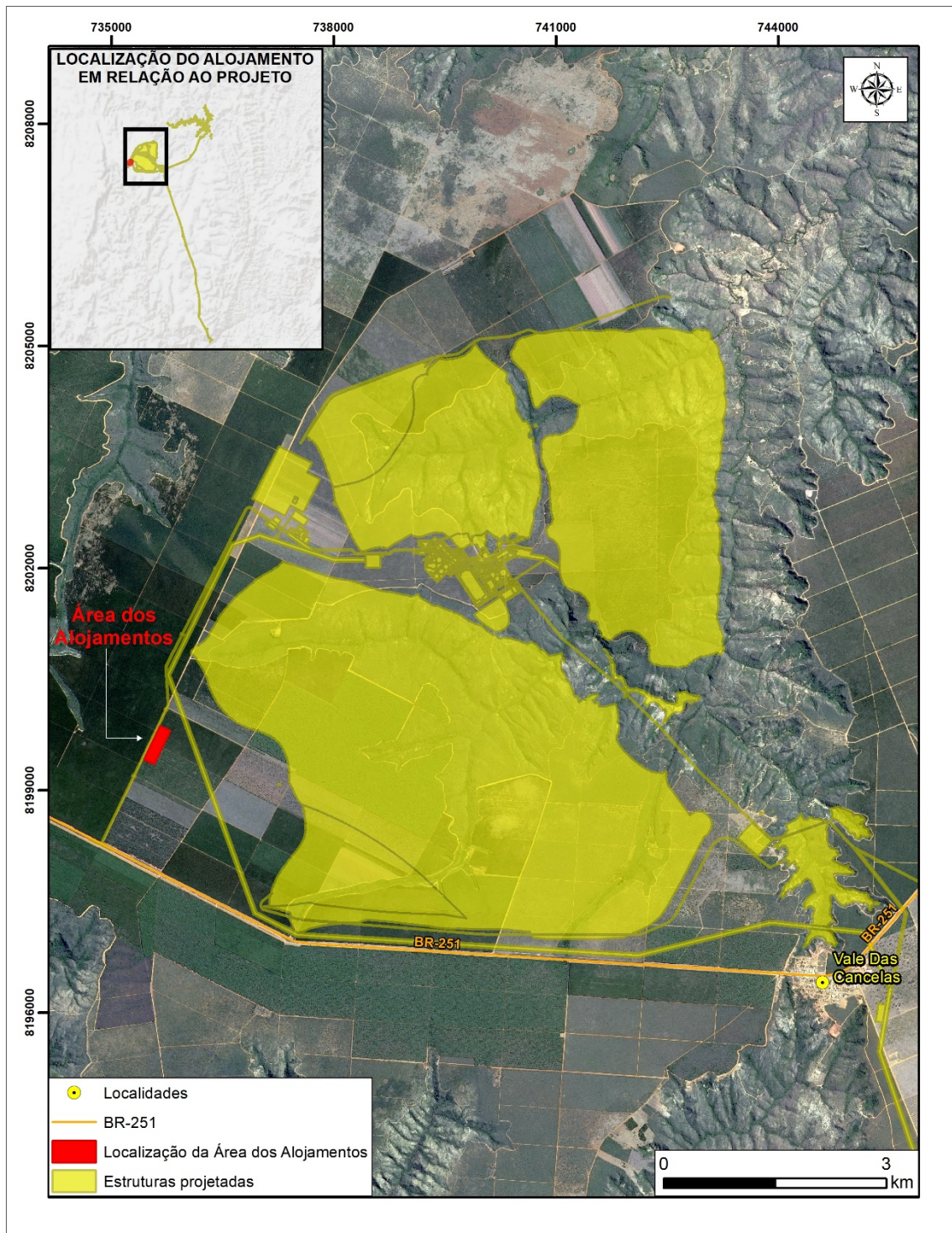
Utilizando-se os critérios definidos no Estudo de Projeção Populacional em Condição de Fluxo Imigratório Associado ao Projeto, apresentado no item 4.1.4.11 será necessária, pelo menos, a alocação de 30% da mão de obra imigrante (cerca de 800 pessoas), em alojamentos, assim como será garantido o transporte e alocação de 35% da mão de obra imigrante no município de Salinas, 15% em Padre Carvalho e 15% em Fruta de Leite. Estas medidas são necessárias para equilibrar os coeficientes de alocação de mão de obra imigrante, frente à configuração infraestrutural ofertada pelos municípios e regiões sob influência do Projeto Bloco 8, assegurando uma relação de custo-benefício a cada região, quando se tratam das vantagens e desvantagens inerentes à absorção de população circunstancial.

Desta forma, no Plano Diretor do projeto, foi estabelecida uma área com, aproximadamente, de 75.000 m² reservada para a implantação de alojamentos, próxima ao acesso principal do projeto, no entroncamento com a BR-251.

Os quantitativos e distribuição das estruturas serão definidos na fase de engenharia básica e planejamento de implantação. Estas definições dependerão de estudos mais detalhados, incluindo a definição dos quantitativos de materiais, tipo de contratação e os possíveis acordos com as prefeituras do entorno.

A localização da área dos alojamentos é apresentada na Figura 4.2.5-1.

FIGURA 4.2.5-1 - Localização da Área dos Alojamentos



Fonte: BRANDT, 2018.

4.2.6 - Canteiros de Obras

4.2.6.1 - Canteiros de Obras do Complexo Minerário

O apoio às obras de implantação no Complexo Minerário será realizado por dois canteiros de obras civis, dois canteiros de montagem eletromecânica e um canteiro de terraplenagem.

A área total disponível para implantação de canteiros possuirá cerca de 500.000 m² (50 ha), suficiente para abrigar, ainda, as áreas de produção de agregados e a central de concreto. A localização desta área é mostrada na Figura 4.2.6-1.

Internamente, os canteiros terão dimensões para receber todas as edificações necessária e possuirão pátio interno para estacionamento de máquinas e equipamentos, ao final de cada turno diário.

No Quadro 4.2.6-1 são apresentadas as principais características dos canteiros do complexo minerário.

Tipologias construtivas

Os canteiros possuirão edificações administrativas e de apoio em materiais que permitam mobilidade, rápida construção, aliada a um baixo custo de implantação e de operação, mesmo que por um curto período. Estas estruturas deverão prover conforto termoacústico, iluminação adequada, segurança, higienização e salubridade para seus usuários, incluindo, dentre outros, refeitório, cozinha, banheiros, ambulatório, lavanderia, almoxarifados, água tratada e esgotamento sanitário.

A estrutura das edificações será composta de módulos pré-fabricados de tamanho e peso calculados para permitir uma montagem fácil e rápida sem o auxílio de ferramentas ou meios de içamento especiais. Toda a edificação deverá ter cobertura, com beiral de no mínimo 1,20m.

Toda madeira estrutural ou de armação receberá tratamento contra ataques de microorganismos, devendo ser provenientes de florestas manejadas e outras fontes controladas e certificadas.

As paredes externas serão constituídas de painéis modulados, fixados em estruturas de madeira de pinus ou eucalipto, dimensionadas para atuar como elemento estrutural da edificação. Estas paredes receberão revestimento interno e externo em chapas planas e lisas de madeira OSB (*Oriented Strand Board*) e revestimento para áreas úmidas em placas cimentícias. Estas paredes deverão receber esmalte sintético e tinta com acabamento texturizado.

As paredes internas serão constituídas também de painéis modulados, fixados em estruturas de madeira de pinus ou eucalipto, sendo o revestimento em ambos os lados com chapas planas e lisas de madeira OSB. Todas as paredes internas de escritório, copas e sanitários, divisórias, forro e portas deverão receber esmalte sintético aplicadas sobre base seladora.

Os pisos terão acabamento em concreto nivelado e desempenado.

As instalações elétricas para alimentação das tomadas, pontos de luz e lógica serão do tipo pré-fabricadas e expostas, utilizando-se canaletas segundo as normas vigentes.

As instalações que atendam aos pontos de telefone também serão aparentes e utilizando-se canaletas independentes das instalações elétricas.

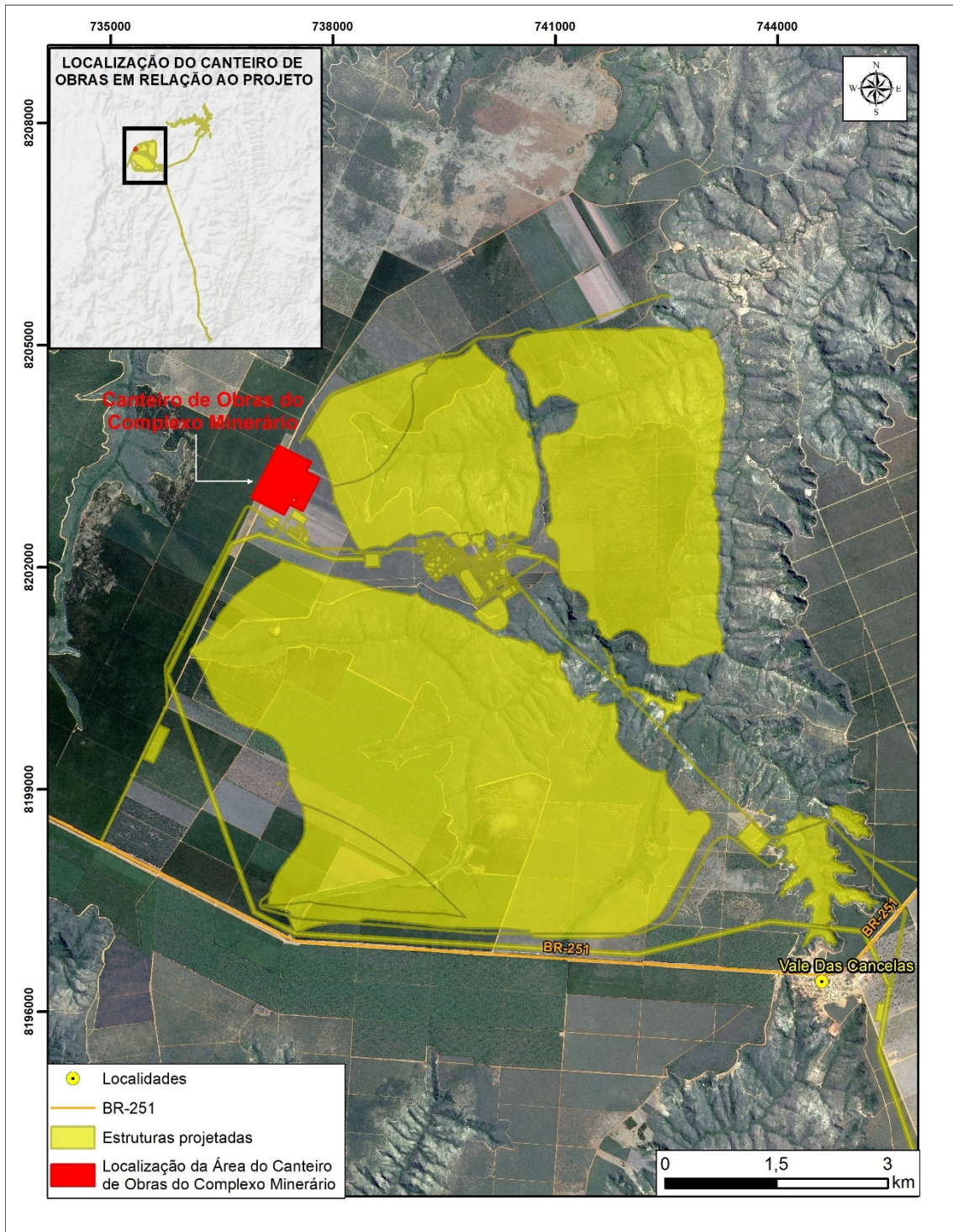
Ao final da obra, os canteiros serão desmobilizados e removidos e as áreas serão ambientalmente recuperadas.

A seguir são apresentadas informações sobre as unidades integrantes dos canteiros de obras.

Unidades dos Canteiros de Obras

- Portaria: controla todo o acesso ao canteiro de obras;
- Escritório administrativo: destinado aos funcionários que irão administrar e gerenciar as atividades das obras de implantação;
- Ambulatório: anexo ao escritório, o ambulatório médico será destinado ao atendimento de primeiros socorros. Nos casos de maior gravidade, os pacientes serão removidos para um atendimento hospitalar mais próximo. O mesmo dará condições mínimas a um pronto atendimento aos funcionários da implantação. Exames laboratoriais e os exames exigidos pelo Ministério do Trabalho serão executados fora da área do empreendimento. Os resíduos serão devidamente acondicionados e destinados via Central de Materiais Descartáveis (CMD);
- Refeitório: local onde serão preparadas e servidas as refeições para os funcionários da obra. Terá capacidade para produzir refeições em número suficiente para atender à quantidade de pessoas locada nas suas unidades. Nos restaurantes haverá cozinha industrial composta ainda das seguintes áreas: recebimento e triagem de alimentos, pré-lavagem, despensa, câmaras frigoríficas, preparo de alimentos, distribuição, lavagem de utensílios, higienização, instalações sanitárias, depósito de lixo, vestiários e escritório. Os efluentes serão encaminhados, via rede de interligação, para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE);
- Vestiários feminino e masculino: área para vestiário e sanitário dos funcionários. Serão disponibilizados boxes com chuveiro, escaninhos para todos os funcionários além de toda estrutura para banheiros. Os efluentes serão encaminhados, via rede de interligação, para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE);
- Almoxarifado/ferramentaria: destinado ao recebimento e depósito de materiais de construção das obras (minuterias, ferramentas, insumos, óleo lubrificante, material de segurança). Essa área será fechada, coberta e terá um controle de entrada e saída de materiais;
- Central de forma/armação: área onde serão montadas as armações de ferro e as formas de madeira destinadas à construção das estruturas em concreto;
- Oficina de pequenos reparos/borracharia: na oficina mecânica serão realizadas pequenas manutenções preventivas e corretivas em máquinas e veículos. Será uma estrutura dotada de cobertura, piso impermeabilizado, áreas para manutenção elétrica e mecânica em pequenos componentes, troca e reparo de pneus das máquinas e veículos utilizados na obra. Esta área apresentará dispositivos de drenagem apropriados para conduzirem as águas contaminadas por óleos e graxas para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO). Os resíduos serão gerenciados via Depósito Intermediário de Resíduos (DIR) e Central de Materiais Descartáveis (CMD);

- *Pipe shop*/caldeiraria: área destinada à montagem de alguns equipamentos que necessitam de solda, dobra, montagem e corte de chapas e estruturas que irão compor as edificações. Apresenta área suficiente para movimentação e circulação de equipamentos e máquinas. A área deverá ser coberta, ventilada e constituída por bancadas de trabalho;
- Abastecimento: fornecerá óleo diesel aos caminhões e máquinas que irão trabalhar nas obras. Deverá ser dotado de tancagem aérea, filtro, bomba elétrica e sistema de controle de contenção de possíveis vazamentos. A área deverá possuir piso em concreto delimitado por canaletas direcionadas para uma caixa de contenção. A área de abastecimento terá suas águas direcionadas para a ETEO; Os resíduos serão gerenciados via DIR e CMD;
- Depósito Intermediário de Resíduos (DIR): área específica para armazenamento temporário dos principais resíduos gerados nos canteiros. Deverá apresentar piso em concreto delimitado por canaletas direcionadas para uma caixa de contenção e possuir cobertura. Destes depósitos os resíduos serão encaminhados para a CMD para destinação adequada.

FIGURA 4.2.6-1 - Localização da Área dos Canteiros de Obras do Complexo Minerário

Fonte: BRANDT, 2018.

QUADRO 4.2.6-1 - Canteiros de Obras do Complexo Minerário

Canteiro de Obras	Área	Capacidade / Usuários	Unidades
Canteiro Civil 1	7.980 m ²	1.350 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Refeitório; - Escritório / Ambulatório; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Reservatório de Água - Área de Abastecimento de Combustível; - Oficina de Pequenos Reparos / Borracharia; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Estocagem de Materiais; - Central de Forma/Armação; - Rede de Interligação com a Estação de Esgoto Sanitário (ETE); - Rede de Interligação com a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).
Canteiro Civil 2	8.030 m ²	1.350 usuários	
Canteiro Montagem Eletromecânica 1	6.806 m ²	1.350 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Refeitório; - Escritório/ Ambulatório; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Reservatório de Água - Área de Abastecimento de Combustível; - Oficina de Pequenos Reparos/ Borracharia; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Caldeiraria; - <i>Pipeshop</i>; - Rede de Interligação com a Estação de Esgoto Sanitário (ETE); - Rede de Interligação com a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).
Canteiro Montagem Eletromecânica 2	7.962 m ²	1.350 usuários	

Canteiro de Obras	Área	Capacidade / Usuários	Unidades
Canteiro Terraplenagem	4.702 m²	750 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Refeitório; - Escritório/ Ambulatório; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Reservatório de Água; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Rede de Interligação com a Estação de Esgoto Sanitário (ETE); - Rede de Interligação com a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).

Fonte: SAM, 2018.

4.2.6.2 - Canteiro de Obras da Linha de Transmissão

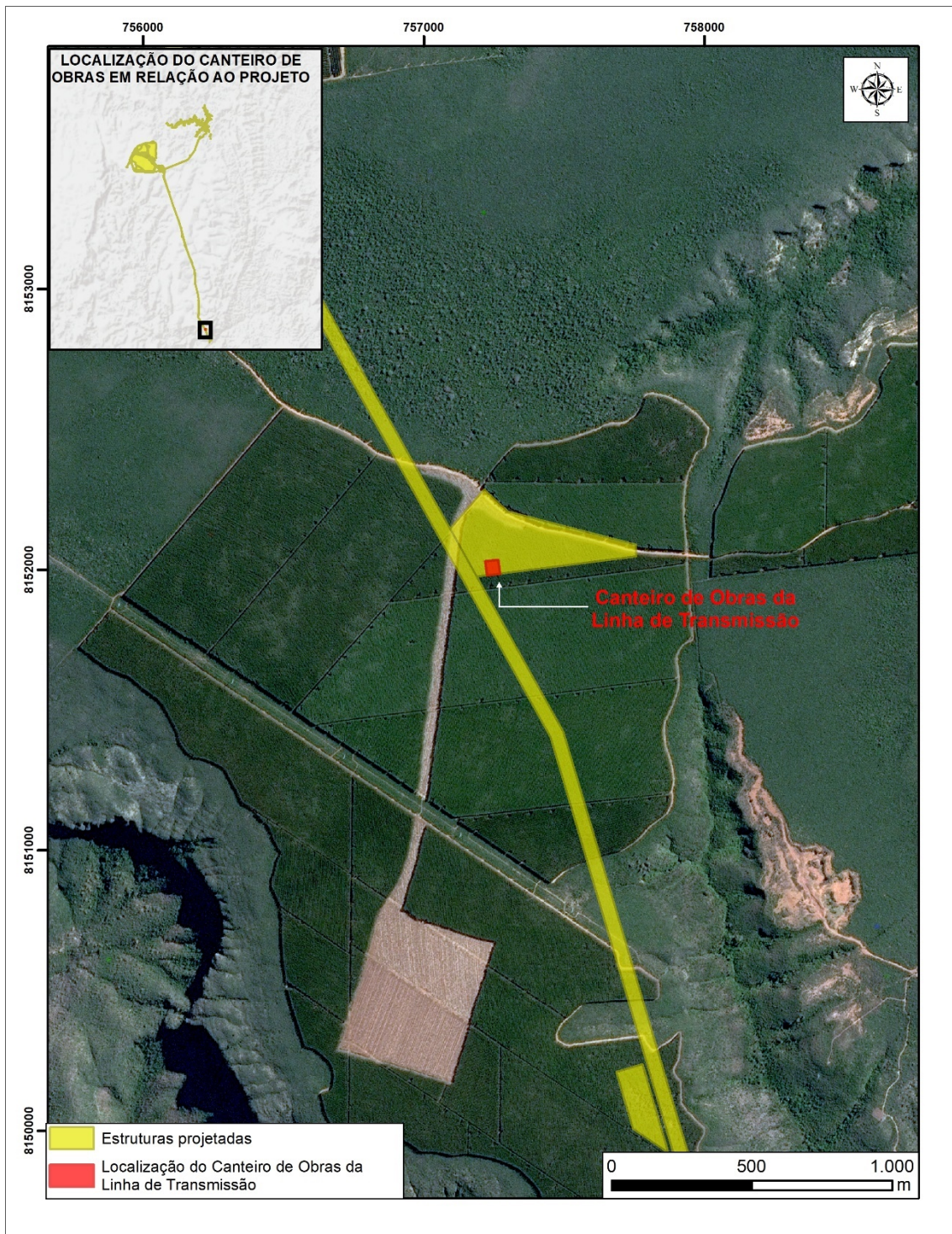
Considerando-se o comprimento da linha de transmissão, será implantado apenas um canteiro de obras avançado, o qual poderá aproveitar um dos espaços destinados ao armazenamento de tubos da adutora de Irapé, ou mesmo se integrar aos canteiros de obras do complexo minerário. A expectativa é a de que este canteiro ocupe uma área de, aproximadamente, 2.300 m² (0,23 ha).

O canteiro de obras terá redes de água tratada e sistemas de controle e tratamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos, adotando-se os mesmos critérios e padrões utilizados nos canteiros de obras do complexo minerário. Não serão necessários refeitório e ambulatório médico. Estes já constarão dos canteiros de obras do complexo minerário.

QUADRO 4.2.6-2 - Canteiro de Obras da Linha de Transmissão

Canteiro de Obras	Área	Capacidade / Usuários	Unidades
Canteiro da Linha de Transmissão	2.300 m ²	80 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Reservatório de Água - Oficina de Pequenos Reparos / Borracharia; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Estocagem de Materiais; - Banheiros Químicos / Caixa de Contenção com encaminhamento para a Estação de Esgoto Sanitário (ETE) dos Canteiros do Complexo Minerário; - Caixa de Contenção com encaminhamento para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO) dos Canteiros do Complexo Minerário.

Fonte: SAM, 2018.

FIGURA 4.2.6-2 - Localização do Canteiro de Obras da Linha de Transmissão

Fonte: BRANDT, 2018.

4.2.6.3 - Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria

Sob o ponto de vista da engenharia, a obra de construção da barragem do rio Vacaria, em relação ao complexo minerário, tem características que a tornam menos complexa.

Sendo assim, na fase de implantação, está prevista a instalação de um canteiro de obras específico, localizado em uma área com, aproximadamente, 50.000 m² (5 ha), já ocupada, anteriormente, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), comportando as seguintes instalações temporárias e típicas:

- escritório da administração com refeitório, vestiários e instalações sanitárias;
- oficinas de manutenção, pátios de carpintaria, armação e de concreto;
- almoxarifado; estacionamento de veículos e máquinas;
- oficina de lavagem e manutenção de veículos e uma portaria/guarita.

Essas instalações serão adaptadas nos respectivos pátios existentes, sendo adequadamente delimitadas e estabelecidas para garantir o desenvolvimento organizado das obras. Ainda que este canteiro venha a ser instalado próximo dos Postos de Saúde de Fruta de Leite e distritos de Vacaria e Vale das Cancelas, foi previsto um ambulatório.

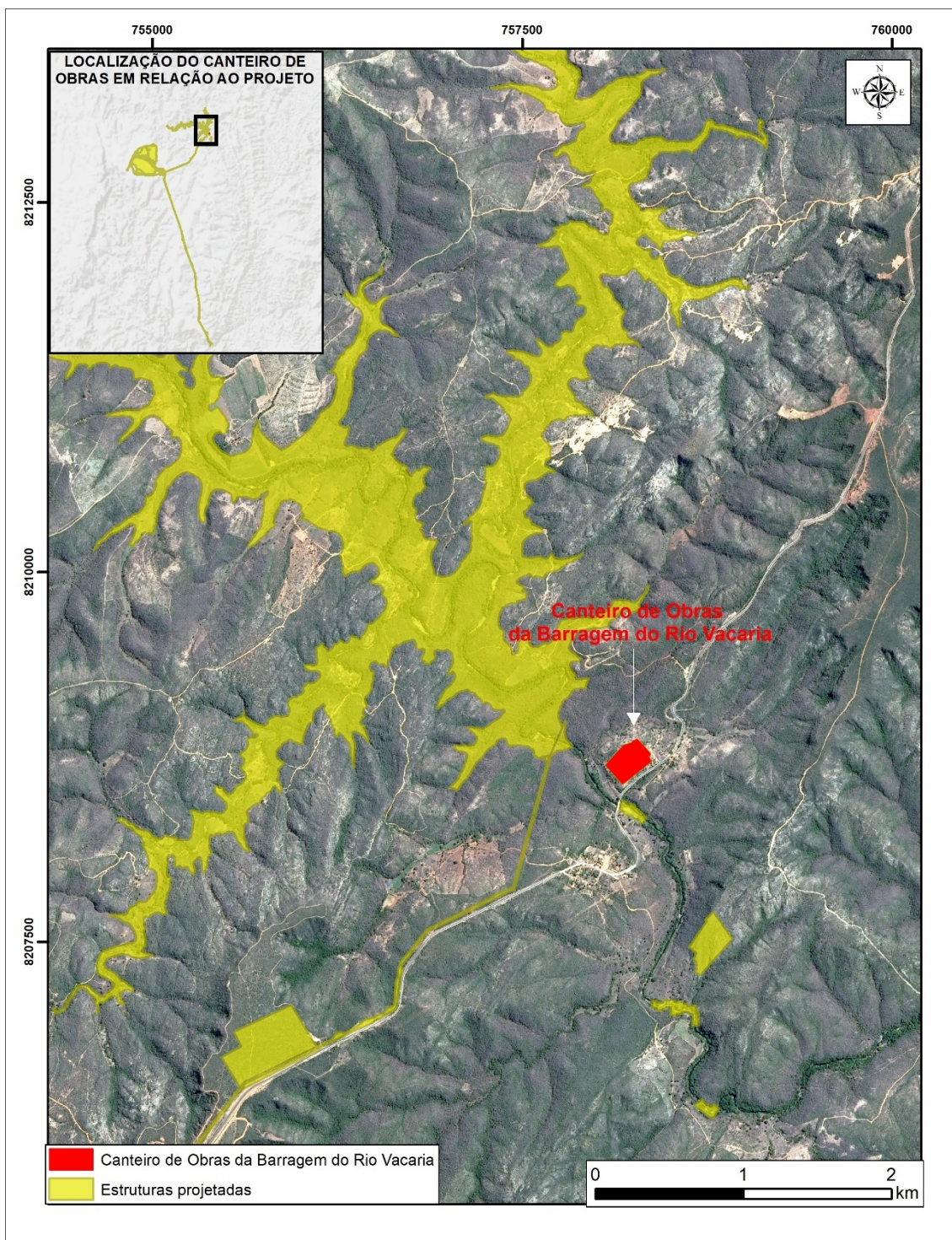
O sistema de abastecimento de água, tanto para águas de consumo como usos sanitários e jardins, será feito, através da captação em poço profundo. O consumo médio estimado é de cerca de 80l/trabalhador/dia. Utilizando-se esta média, o pico de consumo de água da unidade deverá ser da ordem de 8.000 l/dia.

Este canteiro possuirá sistemas de controle e tratamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos, adotando-se os mesmos critérios e padrões utilizados na implantação do complexo minerário, ou seja, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), modulada e dedicada a esta estrutura, Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO) e Depósito Intermediário de Resíduos (DIR), com encaminhamento dos resíduos, se necessário, para a Central de Materiais Descartáveis (CMD) das obras do Complexo Minerário.

QUADRO 4.2.6-3 - Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria

Canteiro	Área	Capacidade / Usuários	Programa de necessidades
Canteiro da Barragem Vacaria	50.000 m ²	100 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Poço de captação de Água - Reservatório de Água - Oficina de Pequenos Reparos / Borracharia; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Estocagem de Materiais; - Estação de Esgoto Sanitário (ETE); - Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).

Fonte: SAM, 2018.

FIGURA 4.2.6-3 - Localização do Canteiro de Obras da Barragem do Rio Vacaria

Fonte: BRANDT, 2018.

4.2.6.4 - Canteiros de Obras das Adutoras

Durante a elaboração dos projetos de engenharia básica, também serão detalhadas áreas destinadas aos canteiros de obras e pátio de tubos para as construções das adutoras do rio Vacaria ou de Irapé.

As localizações previstas para estes canteiros são apresentadas na Figura 4.2.6-4.

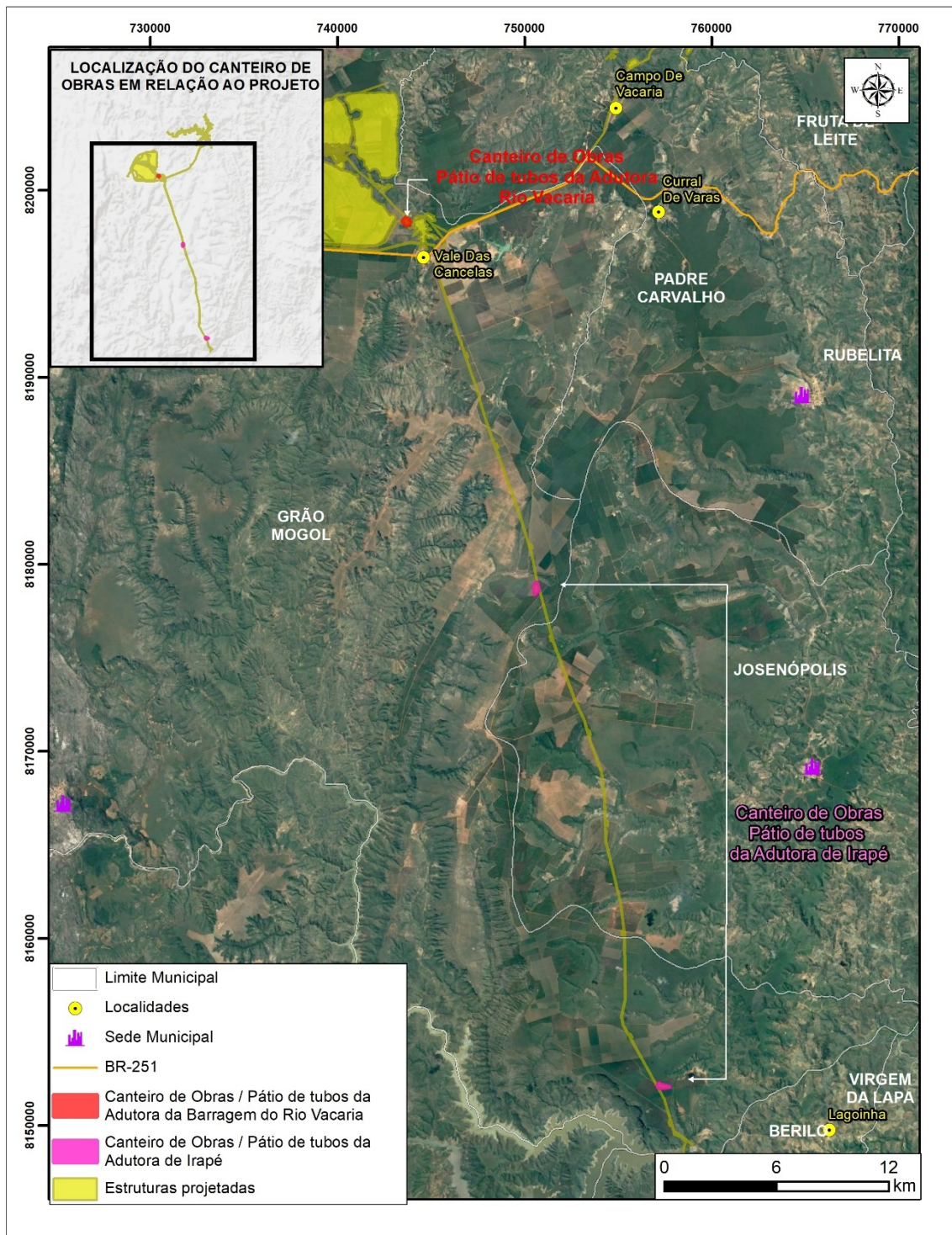
Estes canteiros também possuirão sistemas de controle e tratamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos, adotando-se os mesmos critérios e padrões utilizados na implantação do complexo minerário, ou seja, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), modulada e dedicada a esta estrutura, Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO) e Depósito Intermediário de Resíduos (DIR), com encaminhamento dos resíduos, se necessário, para a Central de Materiais Descartáveis (CMD) das obras do Complexo Minerário.

QUADRO 4.2.6-4 - Canteiros de Obras das Adutoras

Canteiro	Área	Capacidade / Usuários	Programa de necessidades
Canteiro da Adutora do Rio Vacaria	102.300 m ²	50 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Reservatório de Água - Oficina de Pequenos Reparos / Borracharia; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Estocagem de Materiais; - Banheiros Químicos / Caixa de Contenção com encaminhamento para a Estação de Esgoto Sanitário (ETE) dos Canteiros do Complexo Minerário; - Caixa de Contenção com encaminhamento para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO) dos Canteiros do Complexo Minerário.
Canteiros da Adutora de Irapé	Área total de 216.600 m ² em dois locais: 100.808 m ² (no meio do traçado da adutora) e 115.781 m ² (próxima ao Canteiro de Obras da Linha de Transmissão).	50 usuários	- Portaria; - Vestiários; - Depósito Intermediário de Resíduos (DIR); - Reservatório de Água; - Oficina de Pequenos Reparos / Borracharia; - Almoxarifado/ Ferramentaria; - Estocagem de Materiais; - Banheiros Químicos / Caixa de Contenção com encaminhamento para a Estação de Esgoto Sanitário (ETE) dos Canteiros do Complexo Minerário; - Caixa de Contenção com encaminhamento para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO) dos Canteiros do Complexo Minerário.

Fonte: SAM, 2018.

FIGURA 4.2.6-4 - Localizações dos Canteiros de Obras das Adutoras do Rio Vacaria e de Irapé



Fonte: BRANDT, 2018.

4.2.6.5 - Canteiro de Obras da Barragem do Vale

Para a construção da barragem do Vale, em princípio, não será necessária a implantação de um canteiro de obras, em função da proximidade com os canteiros de obras do complexo minerário. Desta forma, nas obras da barragem do Vale serão utilizadas apenas frentes de trabalho, definidas como áreas de trabalho móvel e temporário nas quais serão desenvolvidas as operações de apoio e execução das obras.

Nas frentes de trabalho serão utilizados banheiros químicos, com encaminhamento dos dejetos para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) das obras do complexo minerário. Os resíduos sólidos serão encaminhados, diariamente, para os Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR) e para Central de Materiais Descartáveis, estruturas também integrantes das obras do complexo minerário.

4.2.7 - Planta de Produção de Agregados

Serão necessários os usos de agregados, enrocamento, brita e areia para:

- Na construção da barragem do rio Vacaria;
- Na construção de enrocamento de pé das barragens;
- No sistema de drenagem interna das barragens;
- Em gabiões para proteções de diversas obras;
- Para lastro;
- Para produção de concreto.

A quantidade precisa de agregados somente poderá ser determinada na fase de engenharia básica. Neste momento, para efeito de avaliação conceitual, estima-se a necessidade de cerca de 100.000 m³ de agregados, que terão de ser produzidos ao longo de um ano de operação. A Planta de Britagem de Agregados terá uma capacidade de 200 t/h, ou seja, capacidade de sobra para atendimento a esta demanda. Será do tipo semi-móvel e permitirá também a lavagem de areia.

O enrocamento e brita serão oriundos de:

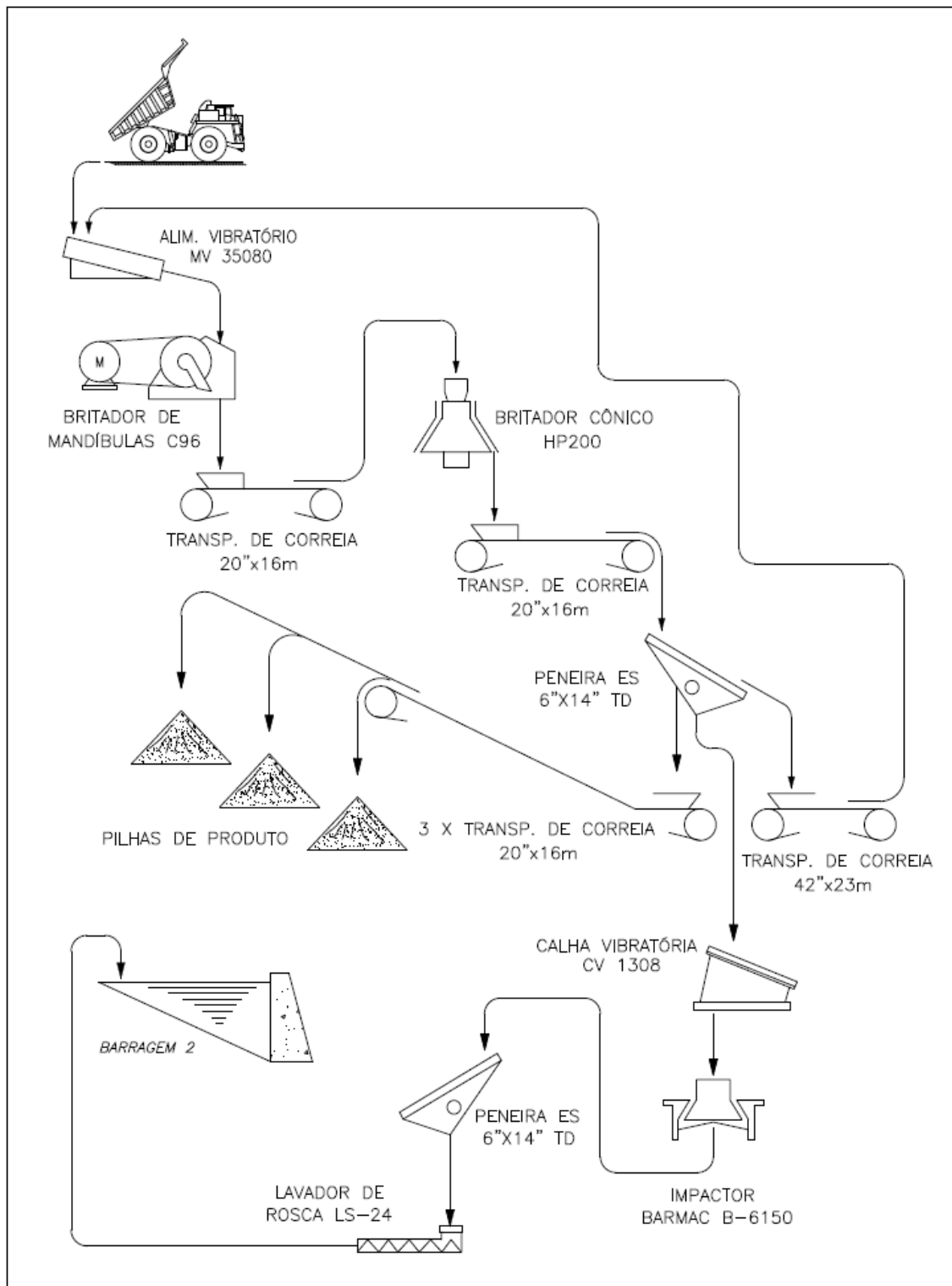
- Rocha escavada no vertedor e na fundação da barragem do rio Vacaria;
- Pedreira de quartzito à jusante da barragem do rio Vacaria;
- Rocha encaixante de lapa do depósito;
- Quaisquer outras escavações necessárias ao empreendimento que produzam rocha.

A areia poderá ser originária de depósitos naturais de areia já mapeados nas imediações da barragem do rio Vacaria ou produzida a partir da lavagem dos finos produzidos na britagem da própria planta de produção de agregados.

A primeira seção da britagem de agregados será realizada em um conjunto móvel de britagem, apoiado sobre carretas de perfilados metálicos, montados sobre rodeiros, que formam conjuntos compactos e resistentes, podendo ser rebocados por cavalos mecânicos. Trata-se de um conjunto apto a transitar em estradas e que possibilita rápido início de produção. Em princípio, este conjunto será formado por um alimentador vibratório MV 35080, um britador de mandíbulas C96, um britador cônico HP200, uma peneira ES 6'x14' TD, cinco transportadores (1x42" recirculação, 3x20"x16m e 1x24"x16m) que possibilitarão a recirculação necessária da britagem, a interligação dos conjuntos e a formação das pilhas de produto.

A segunda seção será um conjunto dotado de calha vibratória, que alimentará Impactor Barmac, que terá por função a produção de areia artificial. Será um conjunto semi-móvel AS-651 provido de peneira SH 5'x14' DD. A areia será lavada em lavador de rosca modelo LS-24. O rejeito fino da lavagem de areia será lançado no reservatório da futura barragem 2, então em construção. O fluxograma do processo poderá ser observado na Figura 4.2.7-1.

Esta instalação ficará localizada na área prevista para os canteiros de obras do complexo minerário e será desmobilizada e vendida para terceiros, após o término das obras. Ocupará uma área de, aproximadamente, 5.000 m².

FIGURA 4.2.7-1 - Fluxograma do processo da Planta de Produção de Agregados

Fonte: SAM, 2018.

4.2.8 - Usina de Produção de Concreto

A Usina de Produção de Concreto terá uma capacidade de produção de 20 m³/h, levando-se em consideração um consumo de 100.000 m³ de concreto durante as obras civis. Esta usina também se localizará na área dos canteiros de obras do complexo minerário e ocupará uma área de, aproximadamente, 200 m².

4.2.9 - Áreas de Empréstimo e de Disposição de Material Excedente

É prerrogativa do projeto a minimização na necessidade de estabelecimento de áreas de disposição de material excedente (ADME) localizadas externamente às áreas que sofrerão intervenção. Conforme apresentado anteriormente, será priorizada a utilização de materiais oriundos das escavações necessárias para as implantações das próprias barragens 1 e 2 para construção dos maciços iniciais, na forma de estéril compactado.

Para implantação da barragem do rio Vacaria, foram consideradas as seguintes áreas de empréstimo (AE), na forma de jazidas:

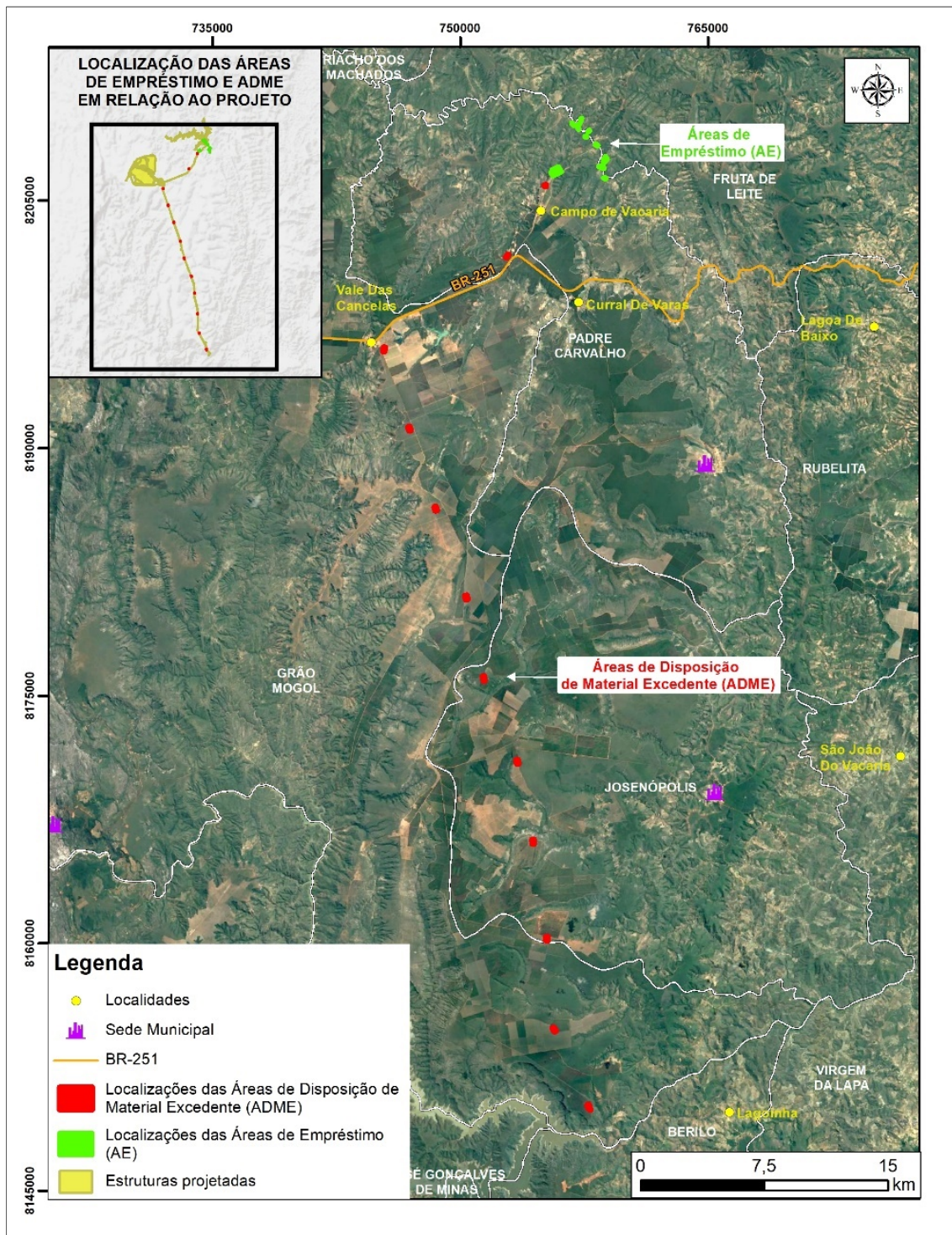
- Jazida de areia (86.880 m² ~ 8,7 ha);
- Jazida de quartzito (60.000 m² ~ 6,0 ha);
- Jazida de solo argiloso e cascalho (196.140 m² ~ 19,6 ha).

Em princípio, foram previstas apenas as seguintes ADME:

- ADME da adutora de Irapé (250.000 m² ~ 25 ha - 10 áreas de, aproximadamente, 2,5 ha, ao longo do traçado da adutora);
- ADME 01 da adutora do rio Vacaria (8.000 m² ~ 0,80 ha);
- ADME 02 da adutora do rio Vacaria (5.100 m² ~ 0,51 ha).

As localizações destas áreas são mostradas na Figura 4.2.9-1 e no Plano Diretor apresentado no Anexo 2 (Plano Diretor).

FIGURA 4.2.9-1 - Localizações das Áreas de Empréstimo (AE) e de Disposição de Material Excedente (ADME)



Fonte: BRANDT, 2018.

4.2.10 - Insumos e Utilidades

4.2.10.1 - Água

Durante a fase de obras, estima-se uma demanda de água nova de 50 m³/h. Esta demanda será necessária para atender ao consumo humano de até, aproximadamente, 6.150 trabalhadores (pico das obras) e para as obras civis e de montagem, incluindo a produção de concreto e aspersão de água para controle de material particulado. Estas informações integram o Relatório Técnico - Balanço Hídrico Integrado, elaborado pela WALM Engenharia, sintetizado no item 4.1.4.1 do presente documento e apresentado no Anexo 6.

Esta água será suprida por uma captação a fio d'água provisória na seção fluvial do córrego Lamarão, distante, aproximadamente, 6,3 km da futura área industrial do projeto. Vale mencionar que essa captação será inferior à disponibilidade hídrica remanescente de 90 m³/h, restando ainda um potencial de exploração de 40 m³/h para pleitos a montante do ponto de captação (sem considerar os 7,2 m³/h já outorgados) e um fluxo residual a jusante de 97,2 m³/h. Também poderão vir a serem utilizados caminhões pipa provenientes de locais de devidamente autorizados/licenciados.

Para tratamento da água bruta captada, será implantada uma Estação de Tratamento de Água (ETA) com capacidade de 50 m³/h, conforme caracterização apresentada no presente documento.

4.2.10.2 - Energia Elétrica

As demandas e fontes de energia elétrica para as obras de construção civil e de montagem industrial serão, num primeiro estágio, supridas por redes já existentes na região do projeto e complementadas, se necessário, por sistemas móveis de geração a diesel. Posteriormente, serão supridas por linha de transmissão e subestação próprias do Projeto Bloco 8. Nas frentes de obra, caso necessário, serão utilizados geradores a óleo diesel dotados de sistema de contenção para possíveis vazamentos.

Estima-se um consumo máximo de 52.560 MWh/ano (6 MW x 8.760 h/ano) durante as obras.

4.2.10.3 - Outros Insumos Típicos

A fase de obras demandará insumos e materiais de usos típicos em obras civis, eletromecânicas, hidráulicas e de acabamento, tais como cimento, brita, areia, cal, tijolos e blocos de concreto, estruturas metálicas, vergalhões de ferro para armação, madeiras para forma, madeira e telhas para coberturas, tubos e conexões, fiação elétrica, materiais hidráulicos e elétricos, dentre outros.

Estima-se um consumo de 35.000 t de cimento, 50.000 m³ de areia e 75.000 m³ de brita a produção de 100.000 m³ de concreto, ao longo de 12 meses de obras civis.

Os insumos e materiais de construção, na fase de obras, deverão ser adquiridos, preferencialmente, no mercado local e regional. Fornecimentos vultosos e específicos (tubos, estruturas metálicas, cabos, equipamentos e peças da usina de tratamento de minério, etc.), serão importados e/ou buscados em outros estados e centros urbanos.

Também serão consumidos óleo diesel (como combustível de equipamentos, máquinas e veículos), óleo lubrificante e graxas, que poderão ser adquiridos, na fase inicial das obras, diretamente de postos de abastecimento locais ou de fornecedores que atendem à região.

4.2.11 - Movimentação e Manutenção de Veículos e Equipamentos

As atividades de terraplenagem envolverão uma movimentação de 40 milhões de toneladas, o que demandará uma movimentação de até 15 caminhões, ao longo de 24 meses (capacidade dos caminhões de 50 t). A movimentação ocorrerá, preferencialmente, no interior das áreas que sofrerão intervenção, visto que é prerrogativa do projeto a minimização na necessidade de estabelecimento de áreas de disposição de material excedente (ADME) localizadas externamente às áreas que sofrerão intervenção.

Durante as obras civis, com tempo estimado de 24 meses e levando-se em consideração o consumo estimado de 100.000m³ de concreto, estima-se uma movimentação de 10.000 caminhões de concreto neste período (capacidade do caminhão betoneira de 10 m³).

Para esta produção de concreto, serão demandados cimento (35.000 t ~ 350 kg de cimento por m³ de concreto), areia (50.000 m³ - 0,5 m³ por m³ de concreto) e brita (75.000 m³ - 0,75 m³ por m³ de concreto), o que gerará uma movimentação estimada de, aproximadamente, 3.500 caminhões de cimento, 5.000 caminhões de areia e 7.500 caminhões de brita (capacidade dos caminhões de 10 m³) em 12 meses. Também serão demandados 14.000 m³ de água (140 L de água por m³ de concreto).

Desta forma, estima-se uma movimentação de 25.500 caminhões por ano (70 caminhões por dia) relacionados com a movimentação de agregados (cimento, areia e brita) e concreto. Assim, como parte integrante do planejamento da obra será estabelecido o controle do tráfego de veículos, de forma a minimizar eventuais incômodos no entorno da área do projeto, com destaque para a BR-251.

As atividades de manutenção de veículos ficarão restritas aos canteiro de obras, em locais específicos dotados de caixa de contenção e redes de interligação com a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).

4.2.12 - Aspectos e Controles Ambientais

Conforme a norma NBR ISO 14001, os aspectos ambientais são definidos como os elementos das atividades, produtos e serviços de uma organização que podem interagir com o meio ambiente. Já os controles ambientais consistem nos sistemas intrínsecos às atividades e previstos em projeto que visam o controle dos aspectos e seus respectivos impactos.

A seguir são apresentadas informações sobre os aspectos e controles ambientais previstos para a fase de obras.

4.2.12.1 - Emissões Atmosféricas

Na fase de obras, as principais fontes de emissões atmosféricas serão constituídas por material particulado em suspensão gerado principalmente no momento de realização das atividades de terraplenagem e obras civis, movimentação de equipamentos, máquinas e veículos em vias não pavimentadas, além dos gases gerados pela combustão destes motores.

Como forma de controlar estas emissões, serão adotados alguns procedimentos preventivos, tais como:

- Os caminhões que transportarem materiais com potencial de emissão deverão respeitar os limites de velocidade;
- Se percorrerem grandes distâncias em rodovias públicas, deverão ser cobertos com lona;
- Manutenção periódica de máquinas, equipamentos e veículos conforme especificado pelos fabricantes, visando a redução na emissão de gases de combustão;
- Controle de velocidade em todos os acessos e áreas dos canteiros de obras e frentes de serviço, especialmente nas vias não pavimentadas e áreas desnudas;
- Nos locais onde houver movimentação de terra ou qualquer tipo de material que possa gerar emissão de material particulado em suspensão, será realizada a umectação com aspersão de água, quando necessário.

4.2.12.2 - Efluentes Líquidos Sanitários

A fase de obras terá uma duração de 36 meses. Serão contratados, aproximadamente, 6.150 trabalhadores, no pico das obras, o que ocorrerá no 29º mês.

Considerando uma contribuição de 125 l/dia por pessoa por dia, estima-se uma geração de até 770 m³/dia (32 m³/h) de efluentes líquidos sanitários no pico das obras. Estes efluentes serão gerados nos canteiros de obras, alojamentos, refeitórios e vestiários.

- No primeiro ano de implantação (1º ao 12º mês), em média, serão gerados cerca de 15 m³/dia (0,6 m³/h) de efluentes sanitários. Neste período, a geração máxima será de 32 m³/dia (1,3 m³/h), por cerca de 250 trabalhadores (12º mês);
- Já no segundo ano de implantação (13º ao 24º mês), em média, serão gerados cerca de 232 m³/dia (10 m³/h) de efluentes sanitários. Neste período, a geração máxima será de 558 m³/dia (23 m³/h), por cerca de 4.500 trabalhadores (24º mês);
- No terceiro ano de implantação (25º ao 36º mês), por sua vez, em média, serão gerados cerca de 652 m³/dia (27 m³/h) de efluentes sanitários. Neste período, a geração máxima será de 768 m³/dia (32 m³/h), por cerca de 6.150 trabalhadores (29º mês), quando se terá o pico das obras.

Para o tratamento destes efluentes, serão implantadas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), do tipo modular, composta por gradeamento, desarenação, decantador primário, peneira rotativa, digestão anaeróbia, tanques de aeração, decantador secundário, adensador e condicionador de lodo e que atingirá uma capacidade máxima de tratamento de, aproximadamente, 32 m³/h, e regime operacional de 24 h/dia.

Em função do detalhamento do projeto, poderão ser implantadas mais de uma ETE, levando-se em consideração as distribuições dos usuários entre os canteiros de obras, alojamentos, refeitórios e vestiários. Este detalhamento será apresentado na fase de licenciamento de instalação.

A seguir são apresentadas considerações relativas à destinação dos efluentes tratados na fase de obras:

- No primeiro ano de obras (1º ao 12º mês), os efluentes tratados na ETE (geração de até 32 m³/dia - 1,3 m³/h) serão lançados no córrego Lamarão, até a implantação da barragem de rejeitos 2, que funcionará como uma lagoa para degradação de matéria orgânica, durante a fase de implantação. O lançamento atenderá os padrões estabelecidos na legislação vigente, com destaque para a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG 01/2008 e Resolução CONAMA 430/11, que complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Para esta situação, foi elaborado um cálculo da capacidade suporte de carga do córrego Lamarão em receber estes efluentes já tratados, conforme apresentado no item 4.1.4.12 do presente documento. Este estudo, em síntese, demonstrou que os efluentes tratados, com vazão e características acima citadas, não irão conferir, ao córrego Lamarão, características em desacordo com o seu enquadramento. O córrego Lamarão é Classe 2, conforme diagnóstico integrante do presente estudo;
- Nas frentes de obra, serão utilizados banheiros químicos, cujos dejetos serão recolhidos e encaminhados para a ETE. Por ser do tipo modular e compacta, a expectativa é a de que a ETE esteja disponível em curto período de tempo, como parte da mobilização inicial para as obras. Até a ETE ficar pronta, os dejetos dos banheiros químicos serão recolhidos para tratamento por empresa especializada e devidamente licenciada;
- No segundo ano de obras (a partir 13º mês), a estrutura da barragem de rejeitos 2 poderá ser utilizada, configurando-se, para os efluentes sanitários tratados, como uma lagoa para degradação de matéria orgânica. Desta forma, os efluentes tratados passarão a apresentar uma qualidade ainda melhor e será interrompido o lançamento no córrego Lamarão. A partir deste ano, serão gerados efluentes em maior quantidade. Conforme apresentado anteriormente, no segundo ano de implantação (13º ao 24º mês), em média, serão gerados cerca de 232 m³/dia (10 m³/h) e a geração máxima será de 558 m³/dia (23 m³/h), por cerca de 4.463 trabalhadores (24º mês). No terceiro ano (25º ao 36º mês), a geração máxima será de 768 m³/dia (32 m³/h), por cerca de 6.150 trabalhadores (29º mês), quando se terá o pico das obras, não sendo indicado o lançamento no córrego Lamarão de vazões tão significativas.
- Conforme já mencionado, a demanda de água nova estimada para a fase de obras é de até 50 m³/h, necessária para atender o consumo humano de trabalhadores e outros fins, tais como produção de concreto e aspersão de vias para controle de emissões atmosféricas. Esta demanda de água será suprida por uma captação a fio d'água provisória na seção fluvial do córrego Lamarão, distante, aproximadamente 6,3 km do local no qual será implantada a usina de tratamento de minério. Vale mencionar que essa captação é inferior à disponibilidade hídrica remanescente de 90 m³/h, restando, ainda, um potencial de exploração de 40 m³/h para pleitos a montante do ponto de captação (sem considerar os 7,2 m³/h já outorgados) e um fluxo residual a jusante de 97,2 m³/h;

- Considerando as características dos efluentes tratados, por meio da lagoa de degradação de matéria orgânica, estes poderão vir a ser reutilizados internamente para fins de aspersão de água em áreas não pavimentadas, umectação de vias, atividades de terraplenagem e irrigação de áreas verdes, desde que atendam aos requisitos de qualidade para estes usos, o que será melhor avaliado na fase de licenciamento de instalação.

4.2.12.3 - Águas Pluviais

As águas pluviais incidentes sobre as áreas em intervenção se constituirão em efluentes líquidos pluviais. A partir da remoção da cobertura vegetal e movimentação de terra, durante as atividades de terraplenagem, as águas pluviais poderão provocar a erosão do solo e o carreamento de sólidos desagregados para a drenagem natural, atingindo, preferencialmente, a bacia de contribuição do córrego Lamarão.

Nas áreas dos canteiros e estruturas de apoio às obras, o sistema de coleta da drenagem pluvial será rigorosamente segregado em relação ao sistema de coleta da drenagem oleosa, cujo direcionamento será para a ETEO. Esta segregação, além de mitigar eventuais contaminações da drenagem pluvial, evitará também que seja necessário o superdimensionamento ou a inoperabilidade da ETEO.

O córrego Lamarão é afluente da margem direita do rio Vacaria, tendo sua nascente na chapada próxima às margens da rodovia BR-251, possui uma extensão de 23,2 km, e uma área total de 180,9 km². Seu principal afluente é o córrego Jibóia, contribuinte de sua margem esquerda, que segue paralelo ao córrego Lamarão e desagua a, aproximadamente, 5,0 km a jusante do projeto, não sofrendo interferência direta com o empreendimento.

Com o objetivo de promover a contenção dos materiais sólidos presentes nos efluentes líquidos pluviais, são previstos sistemas de drenagem provisórios, para condução da água pluvial precipitada sobre as áreas alteradas. Estes sistemas serão constituídos de canaletas que, quando necessário, serão revestidas com pedras para dissipar a energia, caixas de coleta e dispositivos de acumulação e retardo de água e decantação de sólidos. Também serão priorizadas as realizações das atividades de movimentação de terra, preferencialmente, no período de estiagem.

Este detalhamento será apresentado na fase de licenciamento de instalação.

4.2.12.4 - Efluentes Líquidos Industriais e Oleosos

A geração de efluentes líquidos industriais e oleosos ficará restrita aos canteiros de obras, durante as atividades de manutenção e lavagem de veículos, máquinas e equipamentos.

Para o controle destes efluentes, as áreas de manutenção e lavagem de veículos, máquinas e equipamentos, nos canteiros de obras, possuirão piso impermeabilizado e dotado de canaletas com direcionamento dos efluentes para uma Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO), com capacidade de 10 m³/h, regime operacional de 8h/dia e recirculação/reuso do efluente tratado. A ETEO será composta por bacia de decantação de sólidos, dispositivo de separação e remoção de sólidos finos e água oleosa, decantador secundário e separador de água e óleo do tipo placa coalescentes. Em função do detalhamento do projeto, poderão ser implantadas mais de uma ETEO, levando-se em consideração as distribuições e localizações dos canteiros de obras. Este detalhamento será apresentado na fase de licenciamento de instalação.

Os efluentes tratados serão direcionados para um tanque de acumulação, para posterior reutilização nas próprias atividades de lavagem. Os sólidos e lodos, assim como os óleos e graxas retidos no sistema de tratamento, serão gerenciados e encaminhados para empresas de tratamento devidamente licenciadas, via Central de Materiais Descartáveis (CMD) do projeto.

4.2.12.5 - Resíduos Sólidos

Durante as obras, serão gerados resíduos sólidos constituídos, basicamente, por material de limpeza das áreas de intervenção, resíduos de construção e demolição e resíduos dos canteiros de obras e alojamentos, tais como papel, plástico, madeira, sucatas e resíduos comuns das atividades humanas, alguns potencialmente recicláveis e outros não. Também serão gerados resíduos contaminados com óleos e graxas relacionados com as atividades de manutenção de máquinas, veículos e equipamentos.

A Resolução Conama 307/2002 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. De acordo com esta resolução, os resíduos de construção civil são classificados em:

- Classe A: materiais reutilizáveis ou recicláveis, como agregados de construção, demolição, reformas e reparos de obras de infraestrutura (inclusive solos provenientes de terraplenagem). Para o Projeto Bloco 8, serão aqueles resíduos gerados durante as atividades de terraplenagem e construção da infraestrutura;
- Classe B: resíduos recicláveis na forma de plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros. Dos materiais integrantes desta classe, estima-se que serão gerados principalmente restos de madeira provenientes de forma e desforma das obras em concreto, assim como materiais recicláveis de embalagens (plásticos, papel/papelão e metais);
- Classe C: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação. Serão gerados alguns resíduos não recicláveis, como resíduos das instalações sanitárias (papel higiênico, etc.);
- Classe D: São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, como tintas, solventes, óleos e materiais contaminados com estes produtos. Desta classe, a expectativa é que seja gerada uma quantidade pequena, na forma de estopas e trapos sujos com óleos e graxas gerados nos canteiros de obras, restos e embalagens contendo estes materiais, assim como lodos da Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos Oleosos (ETEO).

O controle dos resíduos sólidos gerados consistirá no estabelecimento de medidas de gerenciamento envolvendo o manuseio, acondicionamento, armazenamento temporário e destinação final. O armazenamento temporário ficará restrito aos canteiros de obras, utilizando-se Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR) e uma Central de Materiais Descartáveis (CMD). Os resíduos serão acondicionados em recipientes adequados às suas características e periculosidade, até o encaminhamento para tratamento e destinação final.

Considerando-se o número de trabalhadores (6.150 pessoas) no pico das obras e estruturas de apoio, tais como canteiros de obras e alojamentos, estima-se uma geração de até 7 t/dia de resíduos sólidos com características de lixo comum, sendo 30 % de material reciclável (2,1 t/dia), 20 % de material não reciclável (1,4 t/dia) e 50% de matéria orgânica putrescível (3,5 t/dia). A matéria orgânica está relacionada com as sobras e restos de alimentos gerados na preparação e após a ingestão.

O Quadro 4.2.12-1 apresenta um resumo dos principais tipos de resíduos que serão gerados e as possíveis formas de armazenamento temporário e destinação final para a fase de obras.

QUADRO 4.2.12-1 - Tipos de resíduos armazenamento temporário e destinação final para a fase de obras

Tipo de resíduo	Armazenamento temporário	Destinação final
Material de capina / limpeza das áreas / supressão de vegetação	-	Área de Disposição de Material Excedente (ADME) no interior da ADA
Excedente de movimentação de terra	-	Área de Disposição de Material Excedente (ADME) no interior da ADA / Aterro de Inertes devidamente licenciado
Entulho de construção	-	Área de Disposição de Material Excedente (ADME) no interior da ADA / Aterro de Inertes devidamente licenciado
Areia ou solo contaminado com óleos e/ou graxas.	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / coprocessamento / incineração devidamente licenciadas
Solo, brita, estopas e trapos contaminados com óleos graxas e tintas	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento devidamente licenciadas
Baterias diversas	DIR / CMD	Devolução ao fabricante, importador ou distribuidor para reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada
Borra oleosa (ETEO e Oficinas)	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Cartuchos e <i>tonner</i> de tinta p/ impressora	Escritórios Administrativos / Almoxarifado / DIR / CMD	Reutilização Interna / Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Componentes eletroeletrônicos	DIR / CMD	Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Graxa	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas

Tipo de resíduo	Armazenamento temporário	Destinação final
Lâmpadas usadas	DIR / CMD	Descontaminação (destruição controlada e reciclagem dos elementos constituintes).
Equipamentos de proteção individual (EPI) usados	DIR / CMD	Higienização / Venda / Doação / Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Material diverso não reciclável (lixos sanitários, papéis e plásticos não recicláveis, material de escritório)	DIR / CMD	Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Matéria orgânica putrescível (restos de alimentos)	DIR / CMD	Compostagem / Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Lodos da ETA	-	Aterro de Inertes devidamente licenciado / Área de Disposição de Material Excedente (ADME) no interior da ADA / Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Lodo das ETE	DIR / CMD	Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Lodos da ETEO	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Dejetos dos banheiros químicos	DIR / CMD	Empresas de recolhimento devidamente licenciadas / autorizadas pelos órgãos ambientais / Tratamento
Madeira - resíduos de embalagens e formas	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Óleos e gorduras vegetais	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Empresas de Reciclagem
Plástico em geral não contendo resíduo perigoso	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Plástico contendo resíduo perigoso (vasilhame de produtos químicos)	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Papel / Papelão	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Resíduo de caixa de gordura	-	Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Resíduos diversos contaminados com óleo, graxa, tinta ou solvente	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Resíduos de limpeza / manutenção de áreas verdes	DIR / CMD	Uso como adubo interno / Aterro Sanitário Licenciado
Resíduos de alimentação	DIR / CMD	Aterro Sanitário Licenciado
Sucata metálica	DIR / CMD (Pátio de Sucatas)	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Vidros em geral não contaminados com resíduos perigosos	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Vidros contaminados com resíduos Perigosos	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas

Fonte: SAM, 2018.

4.2.12.6 - Ruído e Vibração

Durante as obras as principais fontes de emissão de ruído e vibração estarão relacionadas com as atividades de terraplenagem, decapeamento, movimentação, circulação e operação de veículos, máquinas e equipamentos, com alteração do tráfego local e maior circulação de pessoas. Também serão geradas vibrações relacionadas com o desmonte de rochas para abertura da lavra inicial e implantação da barragem do rio Vacaria. Para implantação das demais estruturas e barramentos, não está previsto desmonte significativo de rochas.

Para o controle dos níveis de ruído e vibração, será realizada a manutenção e regulagem dos equipamentos, máquinas e veículos, bem como o controle de tráfego e execução do desmonte com o uso controlado de explosivos. Serão considerados os parâmetros e diretrizes técnicas preconizados pelas normas técnicas ABNT NBR-10.151, que fixa os limites, em decibéis, de aceitabilidade do ruído em áreas rurais (independentemente da existência de reclamações) e o período do dia (diurno/noturno), assim como a ABNT NBR 9653-2005 - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas - Procedimento.

4.3 - Fase de Operação

4.3.1 - Vida Útil e Arrecadação de Impostos

O Projeto Bloco 8 terá uma vida útil de 18 anos. A Figura 4.3.1-1 apresenta o cronograma do Projeto Bloco 8, incluindo a etapa de obras e sua vida útil propriamente dita.

O montante de impostos a ser gerado é fortemente dependente do preço de venda do produto, que é regido pelo equilíbrio no mercado internacional de minério de ferro, bem como pelas condições econômicas de modo geral que podem afetar determinados componentes da operação de maneira diferenciada.

Para efeito de avaliação dos impactos positivos, consideramos um preço de longo prazo de US\$ 60/t minério com 62% Fe. Não é possível analisar detalhadamente cada insumo ou bem adquirido, pois sua classificação contábil somente estará definida na fase de engenharia básica e durante o processo de compra, quando finalmente se decidirá a origem de cada item. Na fase operacional, é normal que continuamente haja alteração de fornecedores, especificações ou preços. Desta forma, a Figura 4.3.1-2 apresenta apenas uma estimativa preliminar de impostos, que pode variar significativamente ao longo do tempo.

Para efeito da CFEM, considerou-se alíquota 3,5%, ainda que haja base legal para discutir esta alíquota quando aplicada a projetos de baixo teor e de difícil viabilização econômica. Para efeito de IRPJ, considerou-se os benefícios atuais decorrentes da localização na região da SUDENE, legislação esta que pode ser alterada em relação à situação atual.

Na fase operacional, a folha de pagamento será da ordem de 2,8 milhões de reais, ao mês, aos quais se deve acrescentar encargos sociais, benefícios e despesas.

FIGURA 4.3.1-1 - Cronograma Geral das Atividades do Projeto Bloco 8

Estruturas	Implantação			Operação																	
	ANO - 2	ANO -1	Pré-Produção	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18
Barragem do Rio Vacaria																					
Planta Industrial	-																				
Barragem do Vale																					
Barragem Industrial																					
Adutora (Irapé e/ou Vacaria)	-																				
Cava	-	-																			
Barragem 1	-	-	-																		
Barragem 2																					
Backfill	-	-	-	-																	
Pilha de Baixo Teor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								

Legenda:

- Construção
- Enchimento Natural
- Enchimento com Aporte (Vacaria ou Irapé)
- Pré Operação
- Operação

Fonte: SAM, 2018.

FIGURA 4.3.1-2 - Estimativa de Impostos

Projeto Bloco 8					
Estimativa de impostos					
Considerando US\$ 60 / t minério com 62% Fe					
R\$ 1.000.000					
Ano	CFEM	IRPJ	CSLL	ICMS / PIS / COFINS	ISS
-3				82,64	38,98
-2				112,39	53,02
-1				135,53	63,93
1	153,35			173,43	4,31
2	165,40	74,63	107,46	190,77	4,74
3	159,05	80,21	115,50	190,77	4,74
4	157,33	86,71	124,86	190,77	4,74
5	161,48	82,20	118,37	190,77	4,74
6	164,54	101,84	146,65	190,77	4,74
7	160,39	88,87	127,97	190,77	4,74
8	159,76	89,07	128,26	190,77	4,74
9	153,65	77,73	111,93	190,77	4,74
10	159,99	83,21	119,82	190,77	4,74
11	153,49	347,81	125,21	190,77	4,74
12	149,57	324,69	116,89	190,77	4,74
13	149,89	336,23	121,04	190,77	4,74
14	149,03	309,61	111,46	190,77	4,74
15	148,56	263,18	94,74	190,77	4,74
16	151,30	346,52	124,75	190,77	4,74
17	155,68	395,62	142,42	190,77	4,74
18	154,74	354,99	127,80	190,77	4,74

Fonte: SAM, 2018.

4.3.2 - Instalações, Processos e Operações

4.3.2.1 - Lavra a Céu Aberto de Minério de Ferro

Os itens a seguir sintetizam o estudo conceitual de lavra do Bloco 8 elaborado pela empresa Venturini Consultoria, que definiu a cava final a partir da correlação entre o sequenciamento de lavra e a disposição do estéril e rejeito, os quais serão codispostos através do conceito de *backfilling*.

O referido estudo reflete a evolução natural típica de um projeto de grande porte, onde novas definições técnicas são propostas e analisadas em busca da otimização dos recursos empregados, resultando em melhorias operacionais e redução de impactos econômicos e ambientais, beneficiando a viabilidade do projeto, como um todo.

As etapas de amadurecimento do projeto se iniciaram no estudo de opções de métodos de lavra e avaliação de áreas para disposição dos rejeitos gerados na usina de tratamento de minério e do estéril gerado na lavra.

O método de lavra a ser adotado utiliza o conceito IPCC (*in pit crushing and conveying*), com aplicação de unidade de britagem do tipo semimóvel. Além de prover redução de custos operacionais, outras vantagens podem ser destacadas, como a utilização não somente de caminhões para o transporte de material minério, mas também de correias, consideradas mais eficientes para grandes distâncias. Trata-se, ainda, de tecnologia mais limpa do ponto de vista ambiental, já que os impactos relacionados à emissão de gases e poeiras são mitigados.

A reserva calculada é de 1.978,4 Mt de minério a 19,57% de Fe, com necessidade de remoção de 248,9 Mt de material estéril e geração de um estoque de material de baixo teor de 220,9 Mt.

Em resumo, como será explicitado nos itens seguintes, a cava final apresenta:

- Altura de bancada de 15 metros;
- Berma mínima de 7m;
- Ângulo de face máximo de 63°;
- Ângulo de inclinação geral máximo de 46.4°;
- Profundidade máxima: 225 metros com 15 bancadas na porção leste.

A produção anual pretendida é de 27.5 Mtpa de concentrado do tipo *pellet feed*, limitada pelo valor de massa alimentada na usina de tratamento de minério, limitado em 120 Mtpa. Os rejeitos do beneficiamento totalizam 1.510 Mt e serão dispostos em barragens e, parcialmente, dentro da cava exaurida (*backfill*).

O desenho das fases utilizadas para o plano de lavra levou em consideração também a antecipação da liberação de fundo de cava para possibilitar a aplicação do conceito *backfill*, onde parte do rejeito gerado no beneficiamento será disposto no interior da cava na forma de empilhamento drenado. O sequenciamento da formação desta estrutura está associado à estratégia de geometria de fases, a quais formam faixas longitudinais ao longo de toda a extensão cava final na direção Norte-Sul com avanço no sentido Oeste para Leste.

Há ainda a previsão de uma pilha de minério de baixo teor (ou pilha de oportunidade), que estará localizada dentro da cava, posição considerada mais adequada após análise de opções locais.

Em relação ao estéril, prevê-se que durante os primeiros 5 anos de lavra esse material será direcionado para confecção dos maciços nas barragens de rejeito 1 e 2.

Em relação à frota de equipamentos, foi analisada a aplicação de caminhões de menor porte (50 toneladas) para o transporte do material estéril durante o período inicial de lavra, cenário que se mostrou mais viável do ponto de vista operacional por conta do perfil de transporte para esta atividade, que se baseia em pontos de descarga distantes da cava. Assim, a mina vai operar no sistema de frota mista, onde os caminhões de grande porte (320 toneladas) trabalham exclusivamente dentro da cava, com foco no transporte do material minério, o qual corresponde à maior parte da massa total movimentada de acordo com o plano de lavra.

Otimização de cava e plano de produção

Para o estudo de otimização da cava foi utilizado o programa *Whittle Four-X*, que trabalha com algoritmos para encontrar o conjunto de cavas ótimas a partir de um modelo de blocos de recurso e um conjunto de parâmetros técnicos e matemáticos.

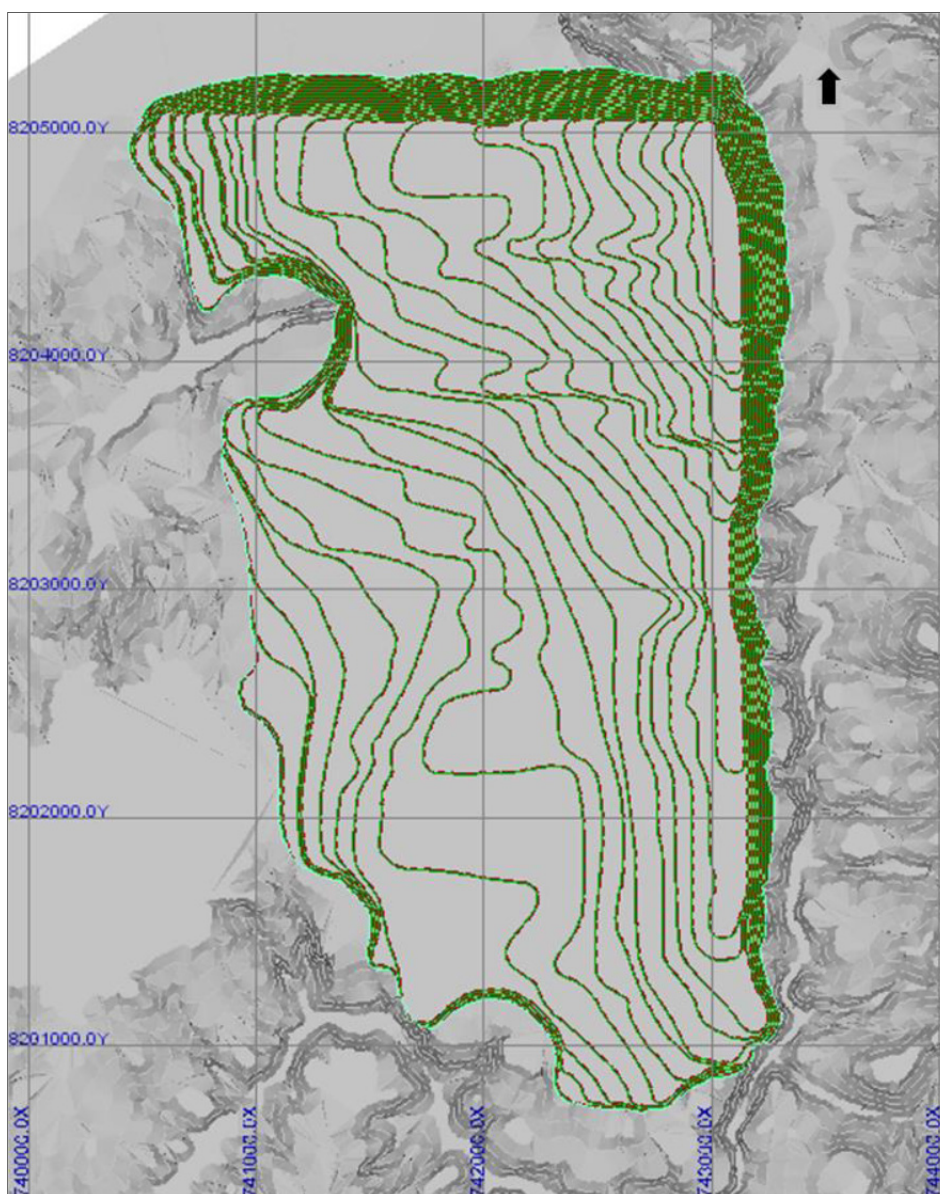
A partir dos resultados da otimização selecionou-se a cava econômica que serviu como guia para o desenho operacional da cava final, utilizando também os parâmetros de estabilidade dos taludes. Na rodada de otimização também foram selecionadas as cavas intermediárias que definem a sequência de exploração e que foram utilizadas para o desenho das fases operacionais.

O desenho da cava final, portanto, foi desenvolvido na forma semi-operacional, ou seja, sem a confecção de rampas. A reserva lavrável é de 1.978,4 Mt de minério a 19,57% de Fe, com necessidade de remoção de 248,9 Mt de material estéril e geração de um estoque de material de baixo teor de 220,9 Mt.

Em resumo a cava final apresenta:

- Altura de bancada de 15 metros;
- Berma mínima de 7m;
- Ângulo de face máximo de 63°;
- Ângulo de inclinação geral máximo de 46.4°;
- Profundidade máxima: 225 metros com 15 bancadas na porção leste

FIGURA 4.3.2-1 - Cava final semi operacional



Fonte: VENTURINI, 2018.

Sequenciamento operacional das fases e plano de produção

A distribuição da lavra em fases possibilita a liberação de áreas dentro da cava em forma de tiras, o que possibilita o *backfill* com menor necessidade de geração de barramentos, uma das premissas do plano de lavra. Além dessa, as seguintes premissas foram adotadas:

- Plano detalhado em base anual, com movimentação total estimada em torno de 150 Mtpa;
- Período de Pré-produção para liberação de minério requerido;
- Lavra em painéis norte-sul com direção de oeste para leste;
- Alimentação limitada à 120 Mt na usina de tratamento de minério, para geração fixa de 27.5 Mt de produto por ano;

- Alimentação inicial da usina de tratamento com o minério de teores mais elevados diminuindo gradativamente conforme o aprofundamento da lavra;
- Primeiro ano de produção com 25 Mtpa de concentrado simulando um *ramp-up* nos primeiros meses;
- Taxa máxima de avanço por ano de banco/ano/fase: 6 para lavra em cava e 8 para lavra em encosta;
- Geração de pilha de estoque para separar o material abaixo do teor de corte variável na alimentação da usina. Este material poderá, no futuro, ser utilizado para alimentação na usina, algo que não está considerado no presente estudo.

O plano de produção foi realizado de modo a garantir uma taxa de movimentação total regular, com intuito de evitar oscilações no número de equipamentos. Foi desenvolvido para apresentar toneladas de minério, teores, movimentação total, estéril e rejeitos anualmente, ao longo de toda a vida útil da mina. A distribuição de minério e estéril dos setores da mina foi utilizada para desenvolver um plano que propicia exposição contínua de minério, acessibilidade das frentes de lavra e movimentações totais consistentes.

O plano de produção é baseado em 27.5 Mtpa de concentrado. A movimentação total se inicia em 40 Mtpa, na fase de pré-operação, e atinge um pico de 170 Mtpa no último ano.

O período de pré-produção requer uma movimentação total de 40 Mtpa, que é suficiente para expor minério para o início da produção comercial no ano 1. O minério lavrado durante a pré-produção será estocado próximo ao britador primário e será retomado ao longo do primeiro ano comercial (5Mt) para garantir a produção requerida e o restante será retomado gradativamente durante a vida útil da mina com a função de complementar e regularizar o teor de alimentação quando necessário para atingir a meta estipulada.

Será considerado um estoque de aproximadamente 5Mton, que será formado próximo à usina de tratamento de minério e será utilizado como minério de emergência caso haja alguma necessidade devido à paradas operacionais na correia ou na operação de lavra.

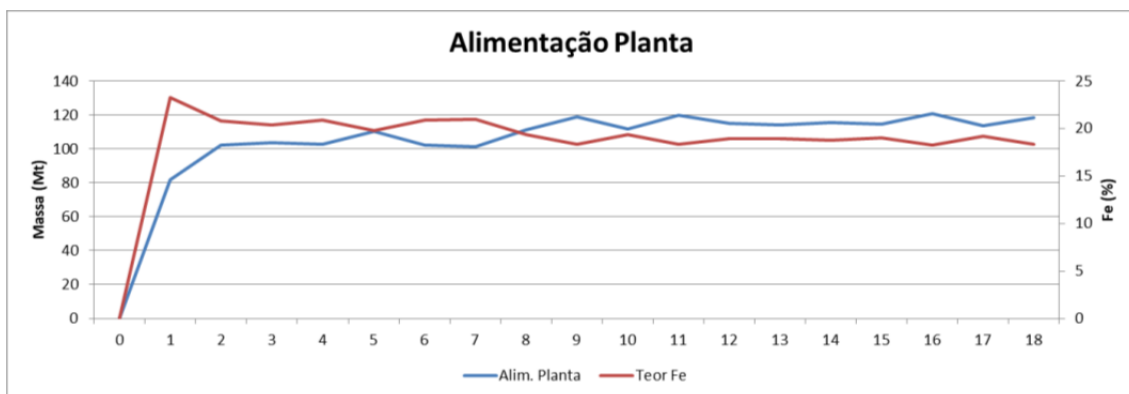
O estéril produzido na mina durante os primeiros 5 anos de lavra será transportado por caminhões rodoviários (50t) para locais onde serão construídos os maciços das barragens para a disposição do rejeito gerado na usina de tratamento de minério.

É premissa do projeto que o estéril dos anos posteriores seja depositado todo dentro da cava, servindo como material de contenção para o empilhamento de rejeito drenado (*backfill*).

Conforme já mencionado, a vida útil esperada da mina é de 18 anos de produção mais o período de pré-produção.

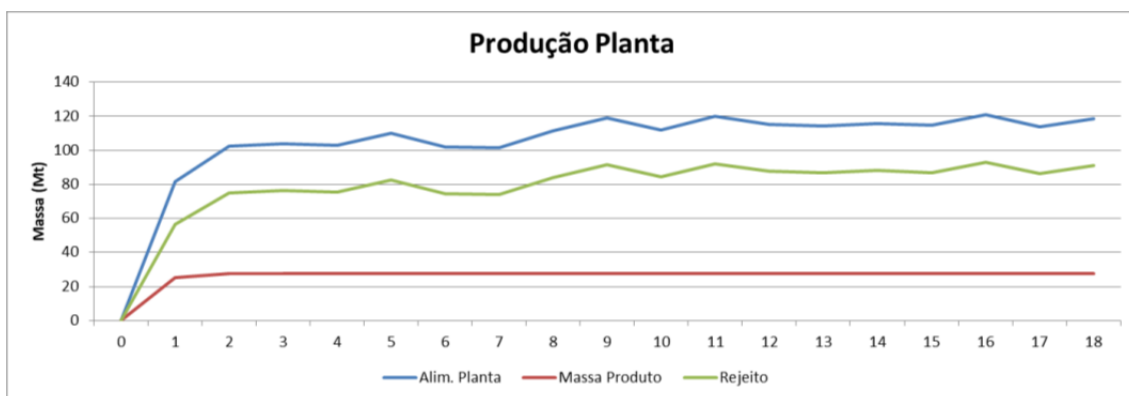
A seguir é apresentado um resumo do plano de produção e plano de lavra em base seca.

FIGURA 4.3.2-2 - Alimentação da Usina de Tratamento de Minério.



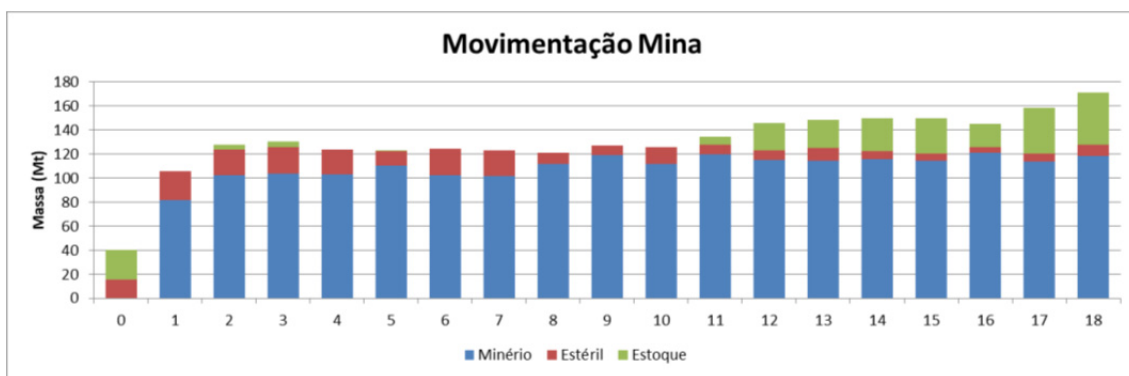
Fonte: VENTURINI, 2018.

FIGURA 4.3.2-3 - Produção da Usina de Tratamento de Minério



Fonte: VENTURINI, 2018.

FIGURA 4.3.2-4 - Movimentação da Mina



Fonte: VENTURINI, 2018.

QUADRO 4.3.2-1 - Plano de produção

Período	Planta					Mina à Estoque		Estoque à Planta		Rejeito (Kt)	Estéril			REM	ROM Total	Mov. Total
											Compacto	Não Compacto	Total			
	kt	Fe (%)	Prod (Kt)	Prod (%Fe)	Rec Met (%)	kt	Fe (%)	kt	Fe (%)		Kt	Kt	Kt		Kt	Kt
0	0	0	0	0	0	24.952	25	0	0		94	14.954	15.048	-	40.000	40.000
1	81.664	23	25.000	68	88	0	0	5.715	25	62.379	670	23.381	24.051	0,29	100.000	105.715
2	102.227	21	27.500	67	87	4.109	12	0	0	74.727	645	20.497	21.142	0,21	127.478	127.478
3	103.848	20	27.501	67	86	4.444	13	45	25	76.392	64	21.689	21.753	0,21	130.000	130.045
4	102.805	21	27.500	66	83	0	0	0	0	75.305	802	19.899	20.701	0,20	123.505	123.505
5	110.151	20	27.500	67	84	248	8	0	0	82.651	89	12.094	12.183	0,11	122.583	122.583
6	102.070	21	27.500	67	85	0	0	0	0	74.570	203	21.716	21.919	0,21	123.989	123.989
7	101.305	21	27.500	67	85	0	0	0	0	73.805	1.167	20.212	21.379	0,21	122.685	122.685
8	111.347	19	27.500	67	84	0	0	0	0	83.847	74	9.654	9.728	0,09	121.074	121.074
9	118.933	18	27.500	66	83	0	0	0	0	91.433	415	7.487	7.902	0,07	126.835	126.835
10	111.762	19	27.500	66	82	0	0	0	0	84.262	346	13.417	13.762	0,12	125.525	125.525
11	119.731	18	27.500	66	81	6.637	10	0	0	92.231	211	7.527	7.737	0,06	134.106	134.106
12	115.130	19	27.500	66	82	22.599	11	0	0	87.630	1.138	6.757	7.895	0,07	145.624	145.624
13	114.283	19	27.500	66	82	23.592	11	0	0	86.783	4.476	6.294	10.770	0,09	148.645	148.645
14	115.546	19	27.500	66	83	27.899	11	0	0	88.046	73	6.439	6.513	0,06	149.957	149.957
15	114.512	19	27.500	65	81	29.956	11	0	0	87.012	115	5.414	5.529	0,05	149.997	149.997
16	120.686	18	27.500	65	79	19.159	10	0	0	93.186	437	4.689	5.126	0,04	144.970	144.970
17	113.794	19	27.501	65	81	37.914	11	18.455	25	104.748	1.057	5.691	6.748	0,06	140.000	158.455
18	118.614	18	27.500	65	81	43.624	11	0	0	91.114	441	8.531	8.972	0,08	171.209	171.209
Total	1.978.406	19,57	492.502	66,14	83,05	245.131	12,4	24.215	24,74	1.510.120	12.518	236.340	248.858	0,13	2.448.181	2.472.396

Fonte: VENTURINI, 2018.

Frota de equipamentos

As estimativas para a frota de equipamentos a serem utilizados na lavra, não incluindo as unidades de britagem primárias, bem como as linhas de correias transportadoras necessárias para transportar o minério até a usina de tratamento são apresentadas no Quadro 4.3.2-2.

QUADRO 4.3.2-2 - Resumo da Frota

Equipamento Principal	Especificação		Pré-produção (PP)	Qtde Máxima
Carregadeira Frontal	m ³	38,23	1	4
Escavadeira Hidráulica	m ³	42	1	6
Caminhão	ton.	320	5	27
Caminhão	ton.	50	15	31
Escavadeira Hidráulica	m ³	8,3	5	7
Perfuratriz a Diesel	pol.	12,5	1	7
Perfuratriz de Suporte	pol.	10,5	1	1
Equipamento Auxiliar	Especificação		Pré-produção (PP)	Qtde Máxima
Trator de Esteira (D11)	Larg. Lâmina (m)	6,36	1	4
Trator sobre Pneus	Cap. Lâmina (m ³)	25,4	1	3
Motoniveladora 24M	Larg. Lâmina (m)	7,3	2	2
Caminhão Pipa	m ³	85	1	3
Trator sobre Pneus	Cap. Lâmina (m ³)	12	2	3
Motoniveladora	Larg. Lâmina (m)	3,7	2	3
Caminhão Pipa	m ³	20	2	4
Equipamento Suporte	Especificação		Pré-produção (PP)	Qtde Máxima
Retroescavadeira 323 DL	m ³	1,38	2	2
Caminhão Combustível	m ³	20	2	2
Caminhão Lubrificante	-		2	2
Caminhão de Suporte	-		1	1
Caminhão Guindaste 75 t	ton.	75	1	1
Caminhão Prancha 110 t	ton.	110	1	1

Fonte: VENTURINI, 2018.

QUADRO 4.3.2-3 - Frota Requerida ao Longo da Vida Útil

Equipamento Principal	PP	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
Carregadeira Frontal	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4
Escavadeira Hidráulica (42m3)	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	6	6
Caminhão (320t)	5	13	19	18	20	21	21	19	19	18	17	18	21	22	23	22	22	27	24
Caminhão (50t)	15	25	19	31	11														
Escavadeira Hidráulica (8.3m3)	5	7	4	6	2														
Perfuratriz a Diesel	1	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7
Perfuratriz de Suporte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Equipamento Auxiliar																			
Trator de esteira (D11)	1	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5
Trator sobre pneus (25.4m3)	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Motoniveladora 24M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caminhão Pipa (85m3)	1	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Trator sobre pneus (12m3)	2	3	2	2	1														
Motoniveladora (140k)	2	2	3	3	3														
Caminhão Pipa (20m3)	2	3	2	4	2														
Equipamento Suporte																			
Retroescavadeira 323 DL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caminhão Combustível	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caminhão Lubrificante	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caminhão de Suporte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caminhão Guindaste 75t	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caminhão Prancha 110t	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

PP - (Pré-produção - Ano 0)

Fonte: VENTURINI, 2018.

4.3.2.2 - Perfuração e Desmonte com Explosivos

A perfuração de minério e estéril será realizada com a utilização de perfuratrizes rotativas. A malha de perfuração padrão seguirá, em princípio, as diretrizes listadas a seguir.

QUADRO 4.3.2-4 - Parâmetros de Perfuração

Parâmetros de Perfuração					
Material		Friável	Semi-compacto	Compacto	Estéril
Diâmetro da Perfuratriz	mm	200	165	165	165
Altura do Banco	m	15	15	15	15
<i>Subfuração</i>	m	1.05	1.2	1.65	1.65
<i>Stemming</i>	m	10	6.85	4.75	6.5
<i>Burden</i>	m	5	4	3.5	5
<i>Spacing</i>	m	12	8	7.5	10
Perfuração Específica	m ³ /m	56.1	29.6	23.7	45.1
Redril	%	3%	3%	3%	3%
Taxa de Penetração	m/h	50	45	35	40
BCM por furo	m ³ /hole	900	480	394	750
Vida útil do Bit	m	5,800	5,800	5,800	5,800

Fonte: VENTURINI, 2018.

Para o desmonte de minério e estéril serão utilizados explosivos encartuchados do tipo emulsão, para carga de fundo, e ANFO bombeado para carga de coluna, ativados por acessórios de tiro clássicos como estopim, cordel detonante, retardo e espoletas.

O encartuchado do tipo emulsão é um explosivo de alta eficiência, associando resistência à umidade com grande velocidade de detonação (de 2.500 a 7.000 m/s) e com alto volume gasoso (acima de 800 litros/kg), indicado para desmontes de rochas a céu aberto e em galerias, com adequado grau de fragmentação. Em geral é sensível à iniciação com espoletas nº 8 e com cordel detonante. Seus gases (usualmente de classe A) não apresentam efeitos fisiológicos mais graves ao homem, tendo em vista que sua composição é isenta de nitroglicerina. No Projeto Bloco 8, esse produto será utilizado como iniciador e reforço do ANFO, ficando posicionado no fundo da coluna, de modo a proporcionar adequado acabamento junto ao piso da bancada.

ANFO (*Ammonium Nitrate + Fuel Oil*), na sua conceituação clássica, é um explosivo básico, de custo relativamente baixo, que exige sensibilização por um alto explosivo (no caso a emulsão). É um composto formulado pela mistura de nitrato de amônia com óleo combustível (diesel), feita por equipamentos misturadores especiais montados em caminhão. O ANFO é bombeado diretamente do misturador para o furo, com grande rapidez de carga e segurança.

Os acessórios de tiro deverão incluir, dentre outros, espoletas simples, espoletas de retardo, estopim comum de segurança, cordel detonante, conectores, reforçadores e cordão ignitor.

As detonações serão supervisionadas e orientadas, obrigatoriamente, por *blaster* credenciado e qualificado, e realizadas, sempre, na conformidade de plano de fogo específico e em horários pré-definidos, com atendimento rigoroso às normas de segurança recomendadas.

Os parâmetros utilizados no desmonte de rocha são resumidos a seguir.

QUADRO 4.3.2-5 - Parâmetros de Detonação

Parâmetros de Detonação					
Material		Friável	Semi-Compacto	Compacto	Estéril
Diâmetro da Perfuratriz	inch	7 7/8	6 1/2	6 1/2	6 1/2
Densidade média da rocha	g/cm ³	1.99	2.62	2.97	1.8
Densidade do Explosivo	g/cm ³	0.85	0.85	0.85	0.85
Altura do Banco	m	15	15	15	15
<i>Burden</i>	m	5	4	3.5	3.5
<i>Spacing</i>	m	12	8	7.5	7.5
<i>Subdrill</i>	m	1.4	1.4	1.4	1.4
Comprimento Total do Furo	m	16.4	16.4	16.4	16.4
<i>Stemming Length</i>	m	10	6.85	4.75	6.5
Altura da coluna de explosivo	m	6.05	9.35	11.9	10.15
Quantidade de Explosivo por metro	kg/m	26.7	18.2	18.2	18.2
Consumo total de explosivo por furo	kg	161.6	169.9	216.3	184.5
Fator de Carga	kg/t	0.090	0.135	0.185	0.137

Fonte: VENTURINI, 2018.

O consumo de explosivos segue uma relação conforme Quadro 4.3.2-6.

QUADRO 4.3.2-6 - Consumo de Explosivos (ANFO)

Insumo	Qtde	Unidade
Material Friável	89,5	Kg/kt
Material Semi-compacto	134,5	Kg/kt
Material Compacto	183	Kg/kt

Fonte: VENTURINI, 2018.

4.3.2.3 - Fábrica de Explosivos

A operação de desmonte do Projeto Bloco 8 trabalhará com explosivo do tipo ANFO em forma de emulsão bombeada. Este explosivo é uma mistura com propriedades oxidantes, transportada a granel em caminhões preparados especificamente para seu manuseio e transporte. Estes caminhões são denominados Unidades Móveis de Bombeado (UMBs), por facilitarem o transporte de emulsão bombeada em diversos diâmetros de furação. Possibilitam operações de desmonte em quaisquer ambientes, agilizando o carregamento com mais segurança e o mínimo de exposição de mão de obra.

As emulsões bombeadas vêm ganhando espaço no segmento de mineração por apresentarem diversas vantagens em relação aos produtos existentes no mercado:

- Sua baixa velocidade de propagação é bastante adequada a rochas brandas, como rochas sedimentares em geral e minério de ferro especificamente;
- Seu baixo custo contribui favoravelmente para a economicidade dos empreendimentos;
- Este tipo de operação minimiza o trânsito e armazenamento de explosivos, sendo armazenados apenas os acessórios. O explosivo principal é produzido conforme a demanda da lavra, não ficando estocado. Isto representa grande benefício à segurança;
- Seu manuseio bombeado reduz em muito a necessidade de mão de obra e a exposição ao risco;
- Permite o preenchimento completo dos furos;
- A emulsão só se torna explosivo na aplicação, quando é aditivada e sensibilizada quimicamente, de maneira ágil e com grande economia de tempo.

O ANFO consiste em mistura de nitrato de amônia (fertilizante) e óleo diesel a ser feita na fábrica de explosivos indicada no plano diretor. Esta mistura é feita em agitador rotativo e estocada em tanque apropriado para carregamento das UMBs. Será produzida apenas a quantidade para o consumo diário, evitando-se estocagem de emulsão.

Em média, o consumo específico de explosivo será da ordem de 160 g/t. Desta forma, a fábrica terá uma capacidade instalada de produção de 10,2 t/h de ANFO.

Os principais consumíveis envolvidos no desmonte e na fabricação de ANFO são:

QUADRO 4.3.2-7 - Consumíveis envolvidos no desmonte.

Consumíveis no desmonte	Qtde/ano	Unidade
Nitrato de amônia	19.295	t
Iniciadores	106.123	Unidades
Cordel detonante	3.544.511	M
Retardos	106.123	Unidades
Diesel	1.219	t

Fonte: SAM, 2018.

Os insumos necessários à fabricação têm as seguintes características de armazenagem:

QUADRO 4.3.2-8 - Insumos necessários à fabricação de explosivos

Insumo	Embalagem	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Altura (mm)	Empilhamento máximo
Nitrato de amônia	<i>Big bag</i> com 1275 kg	900	900	2000	1
Iniciadores	Caixa de 50 kg	540	320	340	5
Cordel	Caixa com 500 m	280	280	280	7
Retardos	Caixa de 50 kg	330	330	280	7
Diesel	Líquido	-	-	-	-

Fonte: SAM, 2018.

As quantidades a serem armazenadas são as seguintes.

QUADRO 4.3.2-9 - Quantidades de insumos armazenados para a fabricação de explosivos

Insumo	Estoque (período)	Estoque (recipientes)
Nitrato de amônia	3 semanas	1.135 big bags
Iniciadores	3 semanas	159 caixas
Cordel	3 semanas	532 caixas
Retardos	3 semanas	159 caixas
Diesel	15 dias	70 m ³

Fonte: SAM, 2018.

As instalações de fabricação e estocagem de explosivos, todas protegidas por leiras naturais ou escavadas, são:

- Paio de estocagem de acessórios (reforçadores e cordel detonante) - 50m²;
- Paio de estocagem de iniciadores - 50m²;
- Galpão de estocagem de nitrato e mistura de ANFO - 1.000 m²;
- Tanque de estocagem de diesel com capacidade de 70 m³, 3 m de diâmetro e 3 m de altura;
- Tanque de estoque diário de ANFO com capacidade de 85 m³, 3 m de diâmetro e 3 m de altura.

O armazenamento para carregamento das UMBs é feito em tanque, em local apropriado, conforme previsão nas normas vigente.

Os explosivos auxiliares e acessórios são armazenados em paióis, licenciados pela Polícia de Segurança Pública, assessorada pela Comissão de Explosivos. A zona de segurança de um paiol permanente não deve ser inferior a 150 metros e deve ser mantida limpa de produtos combustíveis ou inflamáveis, como vegetação seca. Os paióis devem ser claramente sinalizados. Na zona de segurança não devem existir construções, vias de comunicação ou linhas de transporte de energia ou telefônica, exceto quando necessários para funcionamento do paiol, ou emissores de ondas hertzianas com potência superior a 100 W.

De acordo com a norma regulamentadora nº 19, os locais de fabricação de explosivos devem ser:

- mantidos em perfeito estado de conservação;
- adequadamente arejados;
- construídos com paredes e tetos de material incombustível e pisos antiestáticos;
- dotados de equipamentos devidamente aterrados e, se necessárias, instalações elétricas especiais de segurança;
- providos de sistemas de combate a incêndios de manejo simples, rápido e eficiente, dispondo de água em quantidade e com pressão suficiente aos fins a que se destina;
- livres de materiais combustíveis ou inflamáveis.

Para o armazenamento de explosivos as seguintes normas devem ser respeitadas:

- ser construídos de materiais incombustíveis, em terreno firme, seco, a salvo de inundações;
- ser apropriadamente ventilados;
- manter ocupação máxima de sessenta por cento da área, respeitando-se a altura máxima de empilhamento de dois metros e uma entre o teto e o topo do empilhamento;
- ser dotados de sinalização externa adequada.

A fábrica de ANFO contará com os seguintes equipamentos:

- agitador;
- bomba centrífuga de diesel;
- elevador de canecas;
- empilhadeira;
- ponte rolante;
- silo de nitrato de amônia;
- silo de ANFO;
- sistema de climatização;
- tanque de óleo diesel;
- tanque com agitador;
- transportador de rosca;
- válvula rotativa.

A caixa de alimentação do elevador de canecas será alimentada por meio de empilhadeira. Uma ponte rolante facilitará o manuseio de materiais. Haverá um pequeno laboratório e sala elétrica e de compressores.

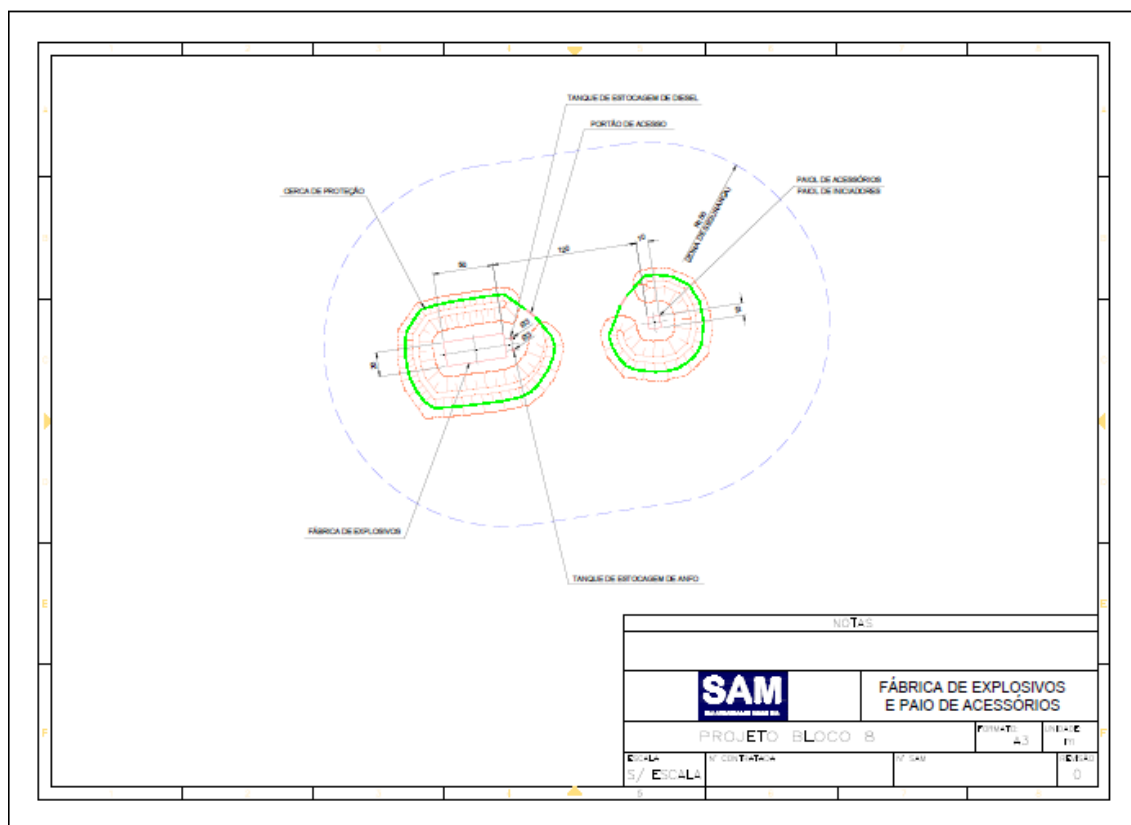
A área para estocagem de diesel será externa e coberta, com fechamento em blocos de concreto e elementos vazados, protegidos por tela metálica, para iluminação natural e ventilação. O piso será em concreto, com aplicação de endurecedor de superfície para acabamento liso, evitando centelhamento por atrito ou choque. Será instalado um separador de água e óleo para o tratamento dos efluentes oleosos gerados nesta área.

A área de armazenamento e produção de explosivos será cercada, sujeita monitoramento remoto 24h /dia, provida dos devidos, alarmes, câmeras e demais dispositivos de segurança. Seu acesso será restrito a pessoal treinado e autorizado, com rígido controle de entrada.

Serão dimensionados para-raios e malha de aterramento apropriados à proteção da área. Todos os equipamentos, ferramentas e materiais utilizados em seu interior serão antifascentes.

O croqui abaixo apresenta as instalações, conforme previsto no plano diretor.

FIGURA 4.3.2-5 - Croqui da Fábrica de Explosivos



Fonte: SAM, 2018.

4.3.2.4 - Usina de Tratamento de Minério

4.3.2.4.1 - Descrição da Rota

A rota do processo de beneficiamento, resumida na Figura 4.3.2-6, inicia-se com britagem e moagem do minério até granulometria adequada à classificação. Os finos já apresentam liberação completa, enquanto os grossos apenas suficiente para a remoção da ganga na pré-concentração.

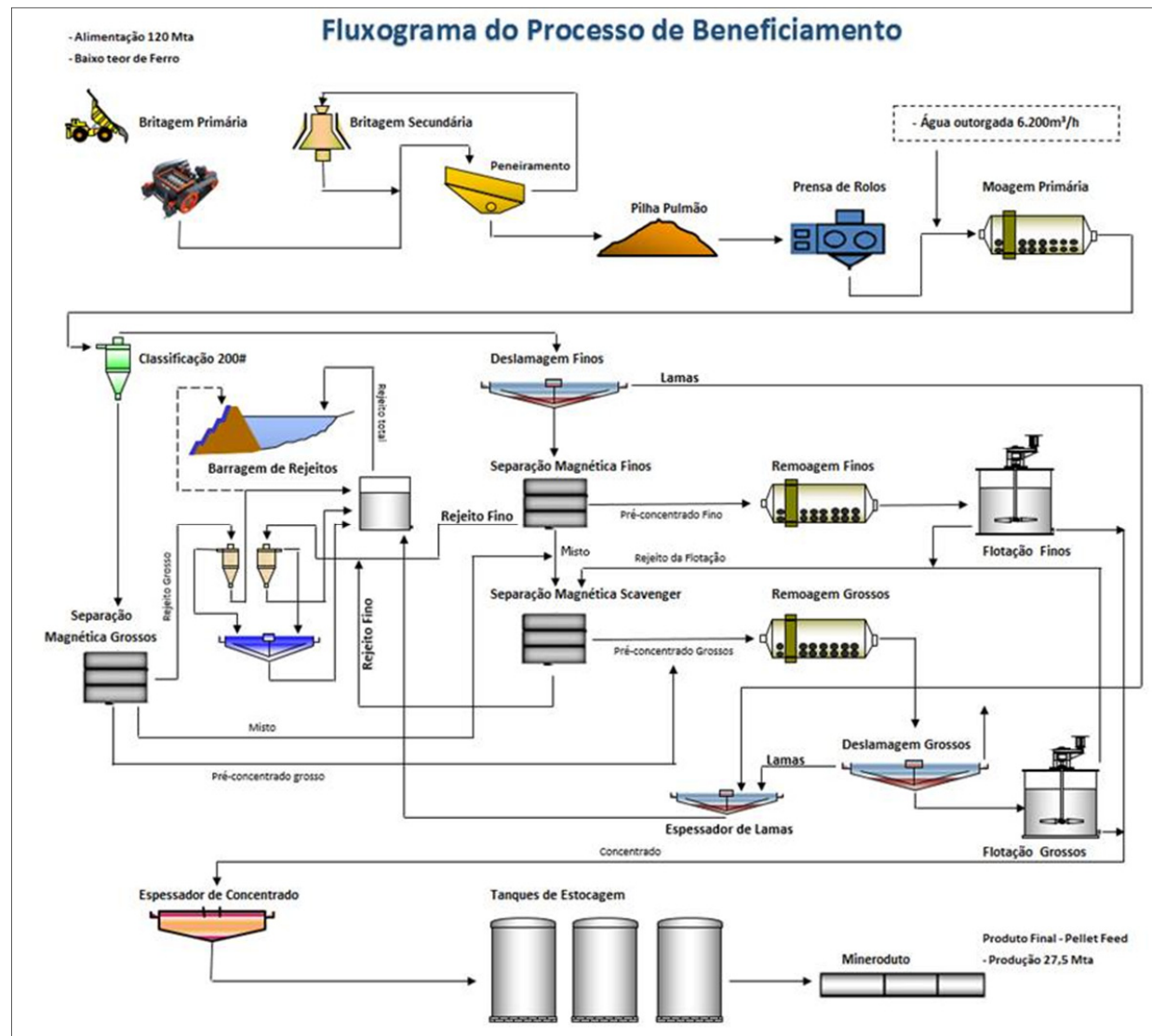
Antes da pré-concentração magnética de finos, será executada deslamagem por floculação seletiva. O pré-concentrado magnético fino será remoído para adequação à granulometria requerida pelo mineroduto e, posteriormente, flotado.

Os grossos serão submetidos à separação magnética de alto campo e o concentrado remoído, adequando-se à finura requerida pelo mineroduto e obtendo liberação adequada à sua subsequente deslamagem e flotação.

Para melhor compreensão do texto recomenda-se acompanhá-lo com os fluxogramas de processo apresentados no Anexo 2.

Também visando maior simplicidade na leitura não são mencionados a identificação completa (*tags*) dos equipamentos e seus modelos, informações que podem ser verificadas nos fluxogramas.

FIGURA 4.3.2-6 - Fluxograma Resumido do Processo de Beneficiamento



Fonte: SAM, 2018.

4.3.2.4.2 - Britagens e Moagem

O objetivo da cominuição primária, composta de britagem primária, secundária, peneiramento, prensas de rolo e moinhos tubulares, é a redução granulométrica do minério até a finura suficiente para a operação de pré-concentração. É uma operação crítica para a viabilidade do empreendimento, tanto do ponto de vista operacional, propiciando condições suficientes para pré-concentração, quanto do ponto de vista econômico, à medida que esta seção representa a maior parte do custo de concentração.

O minério chegará à alimentação da britagem transportado em caminhões, será alimentado em duas instalações semimóveis de britagem, cada uma provida de silo de 540 m³, de onde haverá extração por alimentadores de sapata para grelha vibratória, com abertura de 250 mm e o retido passa por britador de rolos. O produto do britador e o passante na grelha serão levados por transportadores de correia, unindo no transportador principal que sobe ao longo do acesso principal da cava.

Saindo da cava, o minério alimentará, através de dois transportadores do tipo “shuttle” (móveis), um silo com capacidade aproximada de 6200 m³, provido de 7 saídas com alimentadores de correia e peneiras vibratórias tipo banana, com malha de 65 mm. O passante seguirá por transportadores de correia para as pilhas alongadas de alimentação da concentradora. O retido seguirá por transportador de correia para a britagem secundária. O prédio de peneiramento será provido, para manutenção dos equipamentos, de uma ponte rolante de 40 t, uma ponte rolante de 7,5 t e duas talhas elétricas de 2 t.

O retido (+65 mm) no peneiramento alimentará, através de dois transportadores do tipo “shuttle” (móveis), um silo com capacidade aproximada de 2200 m³, provido de 6 saídas com alimentadores de correia e britadores cônicos, cujo produto se juntará ao transportador que alimentará o peneiramento. O prédio da britagem secundária será provido, para manutenção dos equipamentos, de uma ponte rolante de 30 t, uma ponte rolante de 7,5 t e duas talhas elétricas de 2 t.

O passante (-65 mm) nas peneiras será recolhido em transportador de correia que, por intermédio de um divisor de fluxo, divide pelas duas correias que alimentarão o pátio da pilha pulmão e, alternativamente, a correia de *by-pass* da pilha pulmão. Serão duas pilhas alongadas, formadas por duas empilhadeiras giratória de braço fixo e retomadas por extratores rotativos, 4 operacionais e um reserva. Cada um dos transportadores de correia posicionados em túnel sob cada pilha levará o minério, através de sistema de transportadores, até o edifício da pré-moagem.

O minério retomado na pilha pulmão seguirá, através sistema de transportadores até um divisor de fluxo e transportador do tipo “shuttle” (móvel), até os três silos da pré-moagem, cada um com 1.250 m³, de onde alimentadores de correias, providos de detectores de metal, alimentarão três prensas de rolos de alta pressão (HPGR), cujo produto será recolhido em transportadores de correia e conduzido a peneiras horizontais a úmido, com malha de 12,7 mm. O retido nas peneiras (+12,7 mm) retornará à alimentação das prensas de rolos.

O passante nas peneiras de 12,7 mm será bombeado por 3 bombas de polpa, à moagem primária, onde será pré-classificado, em 3 baterias de ciclones de 32”, e moído em circuito fechado, em 3 moinhos tubulares de bolas, operando em conjunto com 3 bombas de polpa, e 3 baterias de ciclones de 32”.

4.3.2.4.3 - Classificação

O objetivo da classificação será separar o produto da moagem primária em dois fluxos com características marcadamente diferentes:

- Grossos ($> 0,074$ mm), que apresentam liberação parcial, requerendo concentração em campo magnético mais alto (15.000 Gauss) e gerando produto intermediário de teor mais baixo (acima de 45 %Fe), com boa recuperação;
- Finos ($< 0,074$ mm), que apresentam liberação, permitindo uso de concentração em campo mais baixo (10.000 Gauss), gerando produto intermediário de mais alto teor (cerca de 62 %Fe), com boa recuperação.

O produto da cada uma das 3 linhas da moagem primária será lançado em 3 caixas de bombas, de onde será bombeado por 9 bombas e classificado em 3 baterias de ciclones de 20", sendo o *overflow* direcionado por gravidade à deslamagem e o *underflow*, após passar por 3 peneiras de proteção horizontal, com malha de 1,5 mm de abertura, será recolhido em 3 caixas de bombas e bombeado por 3 bombas de polpa, alimentando o circuito de pré-concentração magnética de grossos.

4.3.2.4.4 - Pré-concentração Magnética de Grossos

A pré-concentração magnética de grossos terá por função remover a maior massa possível de quartzo e minerais de ganga. A partir da existência de quantidade relevante de magnetita, será necessária a utilização de concentradores de tambor para sua remoção. A magnetita é muito deletéria, quando alimentada em separadores magnéticos de alto campo, resultando em entupimentos frequentes e baixa produtividade. Removida a magnetita, o fluxo restante será tratado em alto campo (15.000 gauss), requerendo subsequentemente remoagem para atingir liberação suficiente à concentração final.

A concentração magnética de alto campo utilizará equipamentos especialmente projetados pela SAM, baseados em experiência amplamente comprovada, pelo maior e mais tradicional fabricante, mas em uma escala inédita que só se justifica para um projeto deste porte.

A primeira etapa da pré-concentração magnética de grossos será feita por 3 linhas de 7 separadores magnéticos a úmido de tambor de terras raras (WDRE), cuja função será remoção de magnetita. O concentrado será recolhido em 3 caixas de bombas e bombeado por 3 bombas de polpa para remoagem e o rejeito alimentará os separadores magnéticos de alto campo. Haverá 3 bombas de polpa reserva de mesmo modelo instaladas. O rejeito dos WDRE será recolhido em 3 caixas providas cada uma bomba de polpa, totalizando 3 bombas de polpa e 3 reservas instaladas.

A pré-concentração magnética de grossos será composta por 3 linhas de 8 separadores magnéticos a úmido de alto campo (WHIMS) do tipo carrossel, operando com 15.000 Gauss de campo magnético com matrizes de 1,5 mm de abertura. O rejeito terá muito baixo teor de ferro e será final, sendo bombeado por 3 bombas em paralelo para os ciclones de desaguamento de rejeitos. Os mistos serão bombeados por 3 bombas em paralelo para o circuito *scavenger*. O concentrado seguirá bombeado por 3 bombas em paralelo para remoagem de grossos.

4.3.2.4.5 - Deslamagem de Finos

A deslamagem terá por objetivo a remoção de partículas ultrafinas de micas e argilominerais, que afetam de maneira muito negativa a viscosidade da polpa e a pré-concentração magnética subsequente. Será realizada por floculação seletiva, processo onde se cria condições dispersantes para a polpa e se adiciona floculantes, que são seletivos em relação aos minerais de minério de ferro. Desta forma, os ultrafinos indesejáveis permanecerão em suspensão e serão removidos no *overflow* dos espessadores e os minerais de ferro serão recolhidos no *underflow*.

Trata-se de um processo novo no Brasil, que somente foi adotado porque o processo convencional de deslamagem em ciclones não seria aplicável devido à finura do corte e a escala da operação. A floculação seletiva é um processo de uso comprovado há mais de 40 anos, sendo controlável e de boa performance.

A deslamagem de finos será feita em 3 espessadores de 75 m de diâmetro, operando processo de floculação seletiva, que utiliza reagentes especialmente selecionados, com o objetivo de flocular os grãos de minerais de ferro e remover, no fluxo sobrenadante, as partículas finas de contaminantes, principalmente muscovita e quartzo fino, juntamente com alguma apatita e minerais de cálcio. O *overflow* da deslamagem será conduzido, por gravidade, para os espessadores de lama e o *underflow* será bombeado, por 3 bombas, para a pré-concentração magnética de finos.

4.3.2.4.6 - Pré-concentração Magnética de Finos

A pré-concentração magnética de finos se dará em condições mais favoráveis, à medida que receberá minério liberado e deslamado. A concentração em alto campo será realizada em 10.000 Gauss, sua recuperação será elevada e o teor do produto poderá chegar acima de 62%. Não se conseguirá obter concentrado de teor mais elevado do que este, apesar da liberação, dada a finura do minério, que prejudica a seletividade de processos magnéticos.

A primeira etapa da pré-concentração magnética de finos será feita por 3 linhas de 9 separadores magnéticos a úmido de tambor de terras raras (WDRE), cuja função será remoção de magnetita. O concentrado será recolhido em 3 caixas de bombas e bombeado, por 3 bombas de polpa, para remoagem e o rejeito alimentará os separadores magnéticos de alto campo. Haverá 3 bombas de polpa reserva de mesmo modelo instaladas. O rejeito dos WDRE será recolhido em 3 caixas providas cada uma bomba de polpa, totalizando 3 bombas de polpa e 3 reservas de mesmo modelo instaladas.

A pré-concentração magnética de finos será composta por 3 linhas de 8 separadores magnéticos a úmido de alto campo (WHIMS), do tipo carrossel, operando com 10.000 Gauss de campo magnético com matrizes de 1,5 mm de abertura. O rejeito terá muito baixo teor de ferro e será final, sendo bombeado, por 6 bombas em paralelo, para os ciclones de desaguoamento de rejeitos. Os mistos seguirão, por gravidade, até o espessador do circuito *scavenger*. O concentrado segue bombeado por bombas, para remoagem de finos.

4.3.2.4.7 - Pré-concentração Magnética *Scavenger*

A pré-concentração magnética *scavenger* receberá os mistos das pré-concentrações magnéticas de grossos e de finos, bem como o rejeito das flotações de finos e de grossos remoidos. Sua finalidade será controlar o teor do rejeito final, o que contribuirá para o aumento da recuperação da usina.

O misto da pré-concentração magnética de grossos passará por 3 baterias de ciclones de 10". O *overflow* seguirá, por gravidade, para o espessador de 65 m de diâmetro, receberá os fluxos *scavenger* da pré-concentração magnética de grossos, de finos e o rejeito da flotação de grossos e finos, de modo a ajustar a percentagem de sólidos. O *underflow* dos ciclones unirá ao produto do espessador para alimentação dos WHIMS. A pré-concentração magnética *scavenger* será feita por 8 separadores magnéticos a úmido de alto campo (WHIMS), do tipo carrossel, operando com 15.000 Gauss de campo magnético com matrizes de 1,5 mm de abertura. Seu rejeito será de muito baixo teor e final, sendo bombeado, por 2 bombas de polpa, para os ciclones de desagramento de rejeitos. Seu concentrado será bombeado por 3 bombas, para se juntar ao pré-concentrado magnético grosso.

4.3.2.4.8 - Remoagem de Grossos

A remoagem de grossos receberá o produto da pré-concentração magnética de grossos e da pré-concentração magnética *scavenger*. Seu objetivo será a adequação granulométrica à liberação suficiente para o processo de flotação, bem como ao posterior transporte via mineroduto.

A remoagem de grossos será precedida de 3 baterias de ciclones de 20", que farão pré-classificação. O *underflow* de cada bateria alimenta um dos 3 moinhos de bolas, cada um em circuito fechado com bomba de polpa e 1 bateria de ciclones de 20". O pré-concentrado grosso remoido será deslamado em 2 espessadores de 56 m de diâmetro, cuja função será a remoção de ultrafinos prejudiciais à flotação e ajuste da percentagem de sólidos anterior à flotação do pré-concentrado grosso. O *underflow* dos espessadores será transferido por bombas de polpa, com reservas instaladas. O *overflow* seguirá, por gravidade, para os espessadores de lama.

4.3.2.4.9 - Remoagem de Finos

A remoagem de finos receberá o produto da pré-concentração magnética de finos. Seu objetivo será a adequação granulométrica ao bombeamento do mineroduto. Essa etapa será precedida de 3 baterias de ciclones de 20" que fazem pré-classificação.

O *underflow* de cada bateria alimentará 1 moinho de bolas em circuito fechado com bomba de polpa e 1 bateria de ciclones de 20". O pré-concentrado fino remoido será adensado, em espessador de 53 m de diâmetro, cuja função será ajuste da percentagem de sólidos anterior à flotação do pré-concentrado fino. O *underflow* do espessador será transferido por bomba de polpa, com reserva instalada. O *overflow* seguirá, por gravidade, e será usado como água de diluição na deslamagem de finos.

4.3.2.4.10 - Flotação de Grossos

A flotação será um processo físico-químico que utilizará condições específicas e reagentes selecionados para permitir a separação dos minerais de minério e dos minerais de ganga. O Projeto Bloco 8 utilizará flotação reversa, realizada em pH 10,5, com amina como coletor e amido como depressor/floculante.

A flotação de grossos será feita em duas linhas paralelas e idênticas. O minério será recebido devidamente remoído e deslamado em dois tanques condicionadores com 7,1 m de diâmetro e a mesma altura, de onde transbordará para o estágio *rougher*, composto por 4 células de 200 m³ cada, duas em cada linha. O afundado no estágio *rougher* será transferido para o estágio *cleaner*, composto de 2 células de 200 m³ cada, uma em cada linha. O flutuado nos estágios *rougher* e *cleaner* será transferido por gravidade para o estágio *scavenger* 1, composto por 4 células de 200 m³ cada, duas em cada linha. O flutuado no estágio *cleaner* será recolhido em caixa e bombeado por 2 bombas de polpa, uma em cada linha, para 4 colunas *recleaner* com 5 m de diâmetro e 14,5 m de altura, 2 por linha. O rejeito das colunas *recleaner* se juntará por gravidade à alimentação do estágio *scavenger* 1. O flutuado no estágio *scavenger* 1 será processado no estágio *scavenger* 2, composto por 4 células de 200 m³ cada, duas em cada linha. O concentrado dos estágios *scavenger* 1 e *scavenger* 2 será bombeado por 2 bombas, para se juntar à alimentação do estágio *rougher*. O rejeito do estágio *scavenger* 2 seguirá por gravidade até o espessador da pré-concentração magnética *scavenger*. O concentrado do estágio *recleaner* será bombeado até o espessador de concentrados.

4.3.2.4.11 - Flotação de Finos

A flotação de finos será feita em linha singela. O minério será recebido devidamente remoído e deslamado em 1 tanque condicionador com 8,6 m de diâmetro e a mesma altura, de onde transbordará para o estágio *rougher*, composto por 2 células de 200 m³ cada. O flutuado no estágio *rougher* será recolhido em caixa e bombeado por 1 bomba de polpa para 4 colunas *recleaner* com 5 m de diâmetro e 14,5 m de altura. O flutuado nos estágios *rougher* e *cleaner* será transferido por gravidade para o estágio *scavenger* 1, composto por 2 células de 200 m³ cada. O flutuado no estágio *scavenger* 1 será processado no estágio *scavenger* 2, composto por 1 célula de 200 m³. O concentrado dos estágios *scavenger* 1 e *scavenger* 2 será bombeado por 1 bomba, para se juntar à alimentação do estágio *rougher*. O concentrado do estágio *cleaner* será bombeado até o espessador de concentrados.

4.3.2.4.12 - Manuseio de Rejeitos

O rejeito da pré-concentração magnética de grossos será ciclonado em 3 baterias de ciclones de 32", cujo *underflow* será utilizado como material para construção de barragens, tendo por especificação menos que 20% passante na malha de 0,075 mm, podendo ser bombeado para o local de aplicação requerido.

O *overflow* seguirá, por gravidade, para o espessador de rejeitos, 1 unidade de 88 m de diâmetro, provido de bomba de *underflow* e reserva.

O rejeito da pré-concentração magnética de finos será ciclonado em 12 baterias de ciclones de 20", cujo *overflow* irá, por gravidade, para o espessador de rejeitos. O rejeito da pré-concentração magnética *scavenger* será ciclonado em 2 baterias de ciclones de 20", cujo *overflow* seguirá, por gravidade, para o espessador de rejeitos.

O *underflow* dos ciclones se unirá ao *underflow* do espessador para lançamento no local de disposição final.

A água do tanque de *overflow* do espessador de rejeitos atenderá usos de alta pressão na pré-concentração magnética e utilidades.

4.3.2.4.13 - Espessamento de Lamas

As lamas produzidas nas deslamagens de finos e grossos serão adensadas em 2 espessadores de lama de 88 m de diâmetro, providos de bombas, que bombearão até o local de disposição definitiva dos rejeitos. O *overflow* dos espessadores de lama será destinado a usos de baixa pressão na diluição na alimentação da moagem primária, da pré-concentração magnética e das deslamagens.

Todos os espessadores do projeto terão poços de alimentação otimizados e desenho voltado à elevada recuperação de água e produção de *underflow* de alta densidade, respeitado o limite de viscosidade que ainda permita o bombeamento com bombas centrífugas.

4.3.2.4.14 - Espessamento de Concentrados

Ao concentrado da flotação será adicionado floculante e cal para adensamento no espessador de concentrados, com diâmetro de 66 m, provido de 1 bomba, e respectiva reserva, que transferirá para os tanques de armazenamento da estação de bombeamento do mineroduto. O *overflow* do espessador de concentrado será utilizado para diluição nas remoagens e na flotação.

4.3.2.4.15 - Rejeitoduto

O lançamento dos rejeitos se dará em duas linhas, rejeito grosso e rejeito total. Chama-se rejeito grosso o material proveniente da pré-concentração magnética de grossos classificado em baterias de ciclones, cujo *underflow* será recolhido em caixa de polpa e bombeado para o local de aplicação, onde será utilizado como material de construção. Quando não houver necessidade de rejeito grosso como material de construção, este será lançado conjuntamente com o rejeito total.

Inicialmente, a prioridade de uso do rejeito grosso será na formação do talude de montante da barragem 2. A granulometria mais grosseira e a ausência de lama contribuem sobremaneira para a segurança e operacionalidade do alteamento.

Nos primeiros anos de operação, será possível o transporte do rejeito total por gravidade, devido à diferença de nível entre a usina e os reservatórios de rejeitos. Quando for necessário, há espaço para instalação de bombas de polpas para adução do rejeito total.

A tubulação do rejeito grosso terá as seguintes características técnicas:

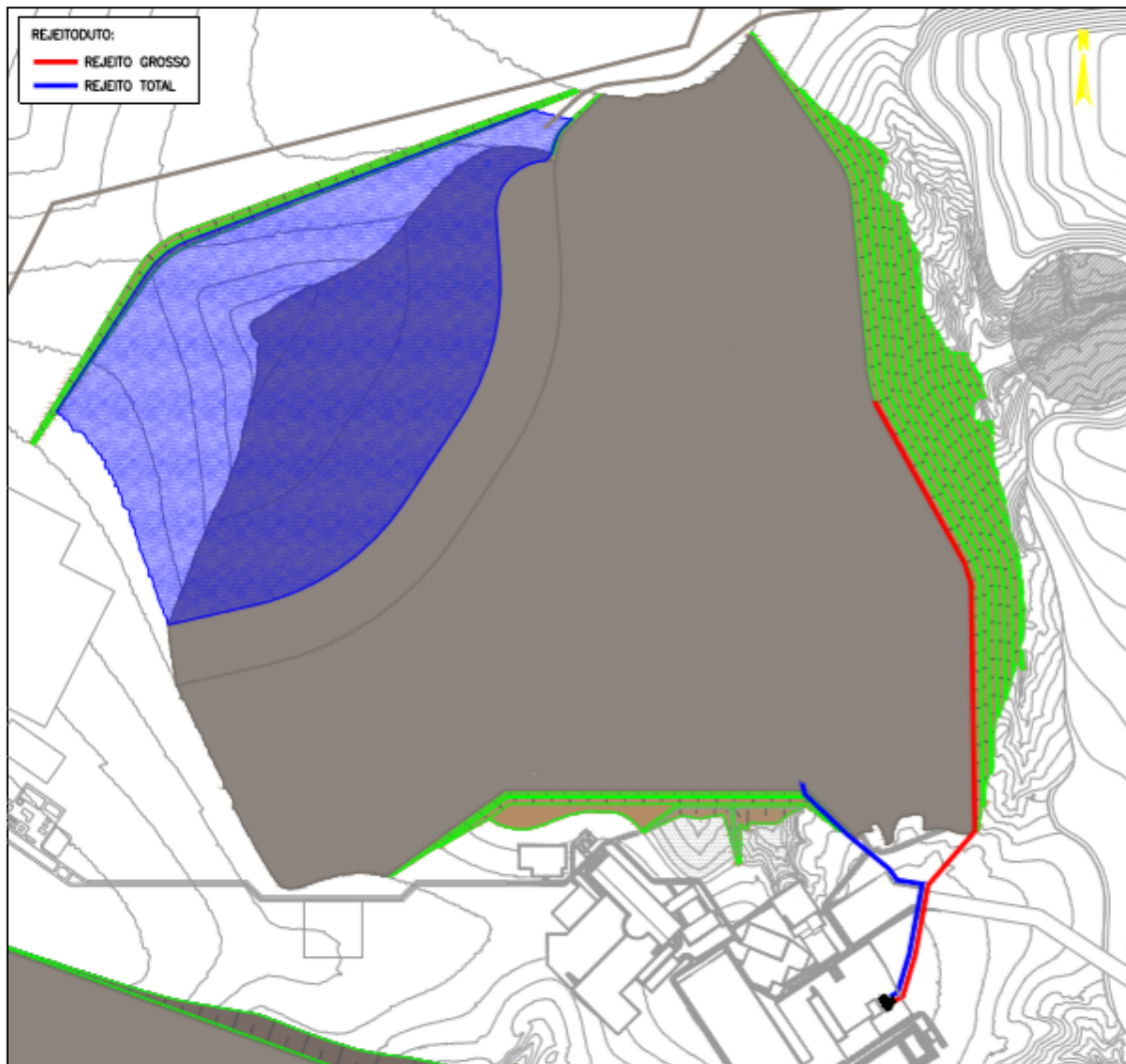
- Alimentação nominal: 1.374 t/h;
- Número de linhas: 1;
- Material do tubo: PEAD (polietileno de alta densidade);
- Diâmetro nominal do tubo: 16";
- Comprimento: 2.125 m.

Para formação da linha do rejeito total, serão unificados, em uma caixa de polpa, o rejeito proveniente da pré-concentração magnética de grossos, pré-concentração magnética de finos, pré-concentração magnética *scavenger*, *underflow* do espessador de rejeitos e *underflow* do espessador de lamas. O rejeito total será direcionado para disposição no interior do reservatório da barragem.

A tubulação do rejeito total terá as seguintes características técnicas:

- Alimentação nominal 9.799 t/h;
- Número de linhas: 1;
- Material do tubo PEAD (polietileno de alta densidade) ou aço revestido;
- Diâmetro nominal do tubo: 54"
- Comprimento: 920m

O *layout* das tubulações do rejeitoduto é apresentado na figura a seguir.

FIGURA 4.3.2-7 - Layout das tubulações do rejeitoduto

Fonte: SAM, 2018.

4.3.2.4.16 - Bacia de Descarga da Usina

Em eventos de falta de suprimento de energia elétrica, que podem decorrer de falha no fornecimento ou de defeito elétrico na instalação da usina, haverá a necessidade de descarga de todas as caixas de bomba de polpa, para evitar que a sedimentação dos sólidos no fundo obstrua bombas, o que tornaria a partida da planta industrial muito penosa pela necessidade de extensa desobstrução de diversas bombas e tubulações. Desta forma, cada caixa de bomba de polpa será provida de dreno, cuja abertura será automática em eventos de falta de energia.

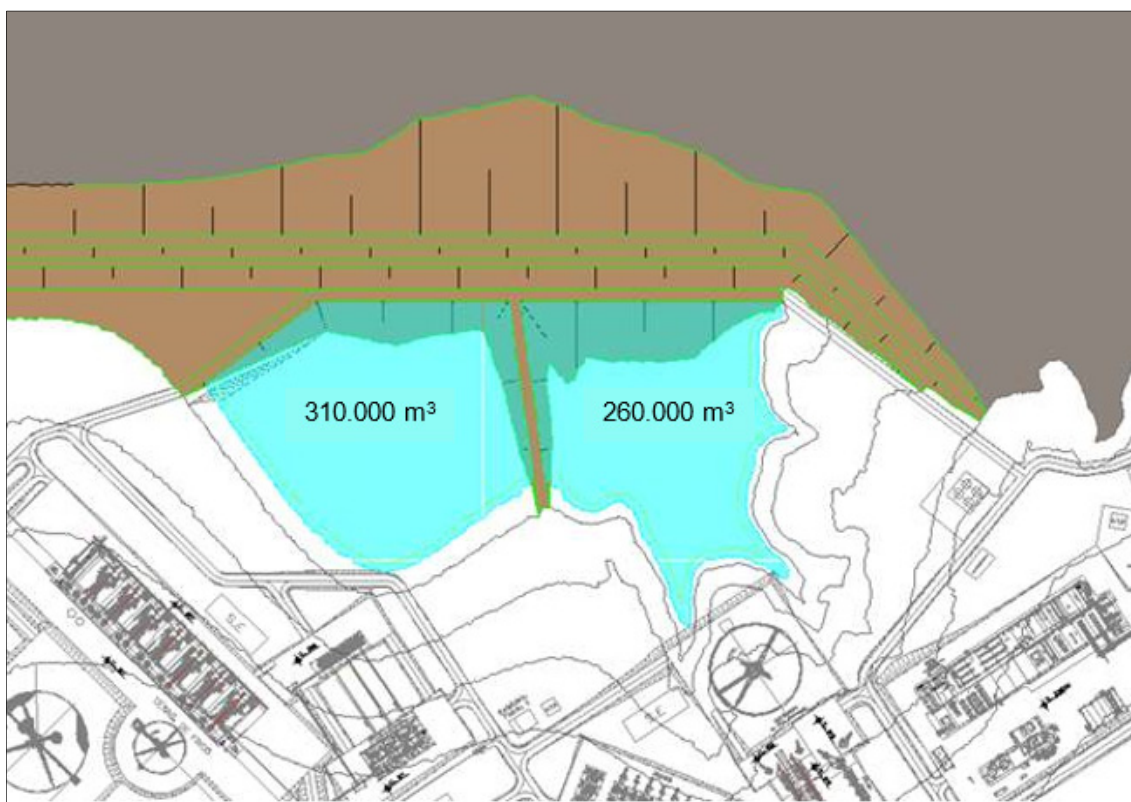
Adicionalmente, durante estas paradas emergenciais, os volumes contidos em condutos de transporte de polpa por gravidade, bem como as calhas de coleta de produtos de ciclones se juntarão ao volume das caixas de polpa a ser removido da usina. Todo este material constitui minério processável, já com elevado custo agregado, principalmente lava e cominuição. Trata-se de um grande volume, estimado em mais de 20.000 m³ por descarga.

A solução proposta consiste na implantação de sistema de drenagem industrial que recolherá os fluxos derramados com valor enquanto minério e os direcionará para a bacia de descarga da usina, que ocupará uma área de 8,7 ha. Esta bacia será dividida em dois compartimentos, sendo o primeiro com área de 4,7 ha (310.000 m³) e o segundo com 4,0 ha (260.000 m³), sendo que um estará em fase de enchimento e o outro em fase de desaguamento e recuperação. Cada compartimento permitirá o recebimento de várias descargas, de modo que levará vários meses até seu enchimento. O critério de projeto desta estrutura objetiva uma capacidade de armazenamento por cerca de 6 meses, mas que dependerá de uma série de fatores, tais como a eficiência no fornecimento de energia elétrica e a própria estabilidade operacional da usina. No longo prazo, é muito razoável considerar pelo menos 6 meses entre retomadas da bacia de descarga usina. Na fase inicial de operação, poderão ser necessárias mais retomadas, dependendo das dificuldades operacionais até o atingimento de capacidade total e estável do beneficiamento.

A bacia será desenhada de modo que os sólidos se sedimentem e eventual excesso de água seja vertido para o reservatório da barragem de rejeito 2. Periodicamente, o material sedimentado será retomado por pá carregadeira e transportador por caminhões para alimentação na moagem, garantindo desta forma o aproveitamento deste minério que seria perdido por derrames da usina.

A localização da bacia de descarga da usina é mostrada na figura a seguir.

FIGURA 4.3.2-8 - Localização da Bacia de Descarga da Usina



Fonte: SAM, 2018.

4.3.2.5 - Barragem de Rejeitos 1

A Barragem 1 consistirá na construção da barragem de rejeitos na região do córrego Lamarão considerando o atendimento do volume total de rejeitos a serem gerados nos 18 anos de operação.

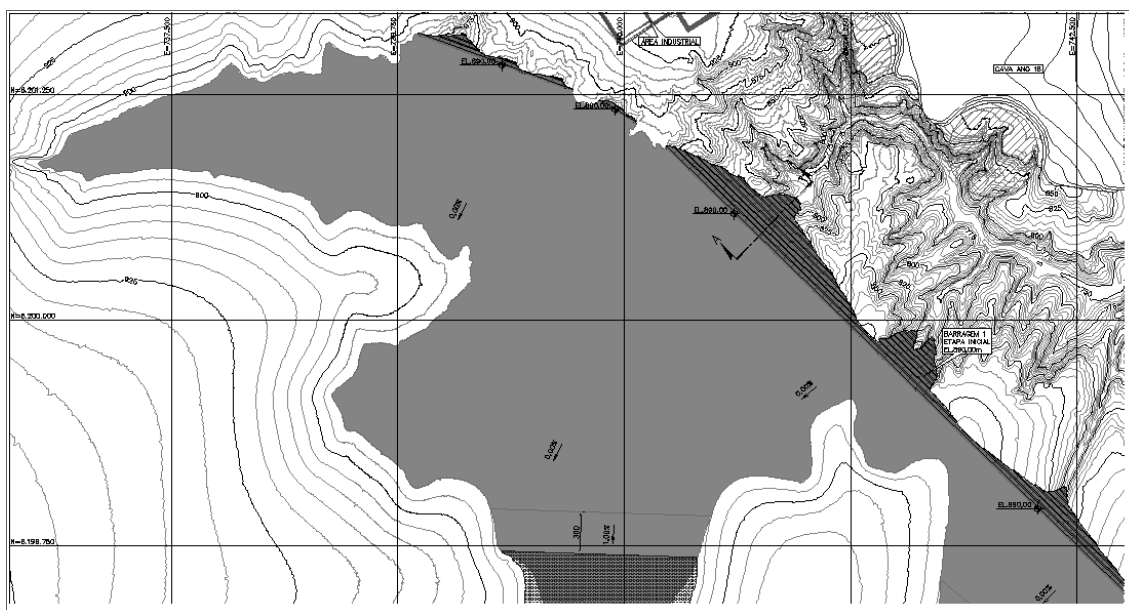
A barragem será construída em etapas, sendo inicialmente construído um dique de partida, maciço alteado com rejeito grosso e o dique de sela na ombreira esquerda, este com objetivo de fechar o reservatório do sistema.

A ficha técnica a seguir apresenta as características desta barragem, assim como o arranjo geral e as seções típicas da estrutura inicial e final.

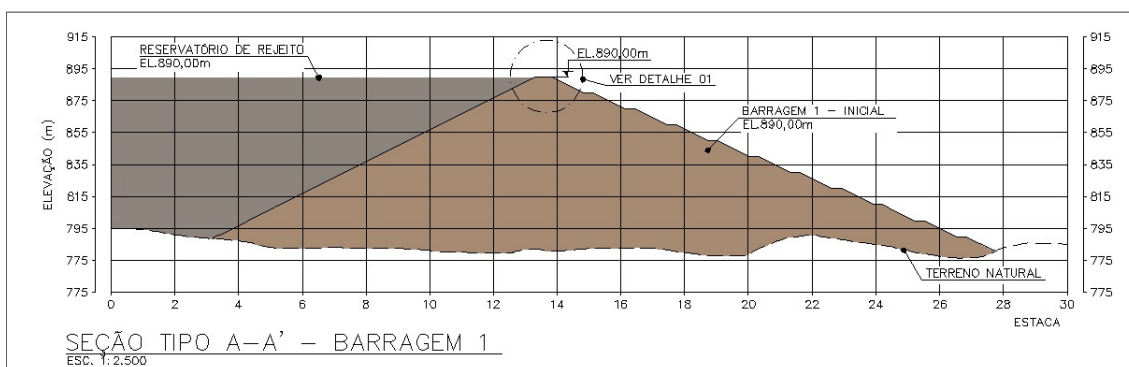
QUADRO 4.3.2-10 - Ficha técnica da Barragem 1

Estrutura	Inicial	Final
Elevação Crista (m)	890,00	935,00
Elevação Base (m)	776,00	770,00
Altura Máxima (m)	119,00	165,00
Largura de Crista (m)	10,00	10,00
Comprimento de Crista (m)	4763,11	6827,66
Talude locais (H:V)	2,0 H:1,0 V	2,0 H:1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00	10,00
Largura de bermas (m)	6,00	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	3,5 H:1,0 V	3,5 H:1,0 V
Área de Maciço (m ²)	730.006,88	1.898.242,93
Volume total Maciço (m ³)	18.950.000	65.400.000
Cota do nível d'água operacional (m)	887,00	932,00
Área de espelho d'água (m ²)	2.196.120	2.161.192
Volume do Reservatório (m ³) - Até a cota da soleira	235.348.761	869.176.106
Volume do Reservatório (m ³) - Até a cota da crista	262.603.131	927.474.822
Vazão de Projeto Sistema Extravasor- TR 10.000 anos (m ³ /s)	43,94	42,53
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	887,74	933,71
Borda Livre Resultante (m)	1,26	1,29

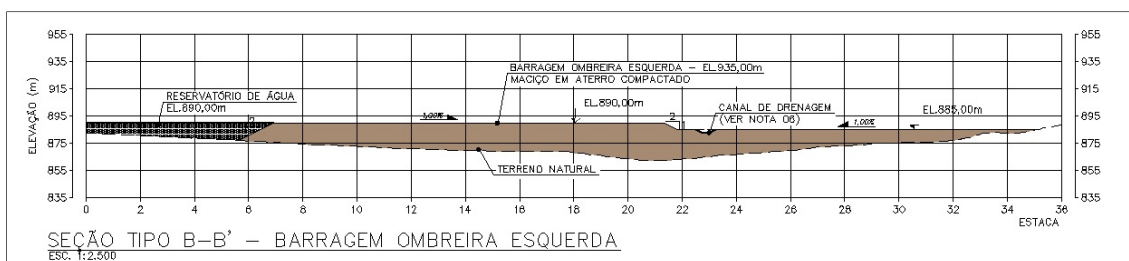
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-9 - Arranjo geral do Dique de Partida - Barragem 1

Fonte: WALM, 2018.

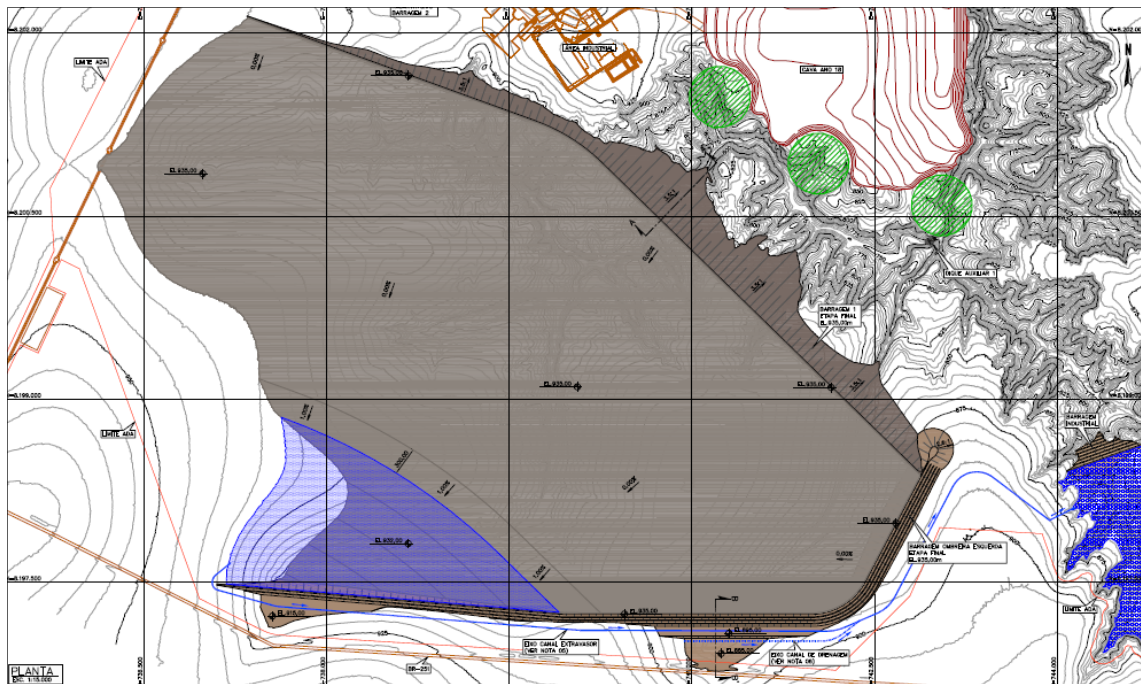
FIGURA 4.3.2-10 - Seção do Dique de Partida - Barragem 1

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-11 - Seção Ombreira Esquerda - Barragem 1

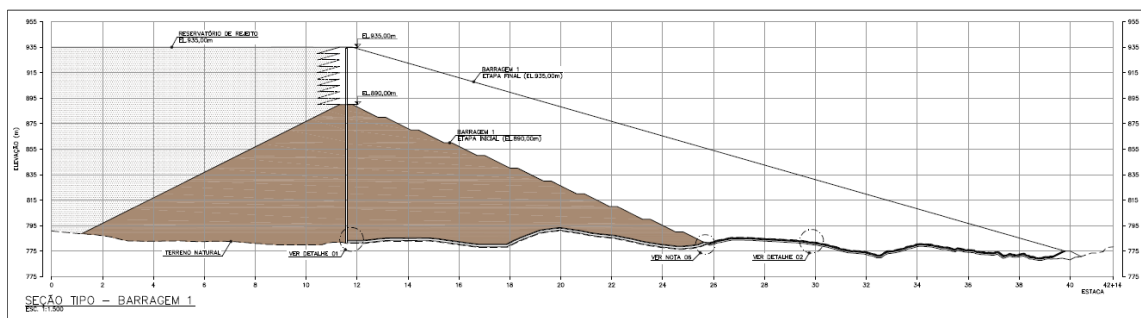
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-12 - Arranjo Geral Final - Barragem 1



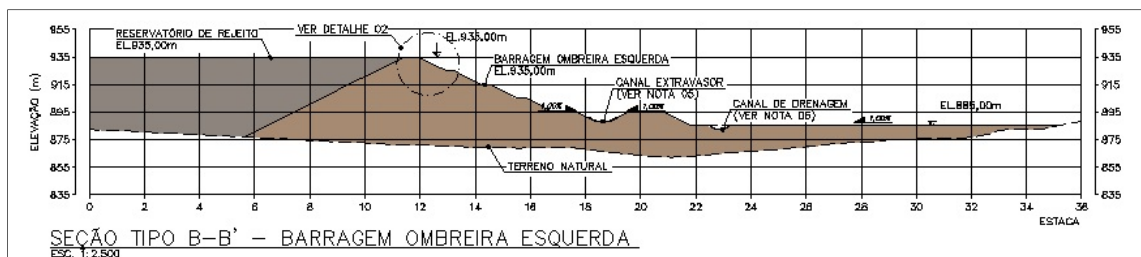
Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-13 - Seção do Barramento Final - Barragem 1



Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-14 - Seção Ombreira Esquerda final - Barragem 1

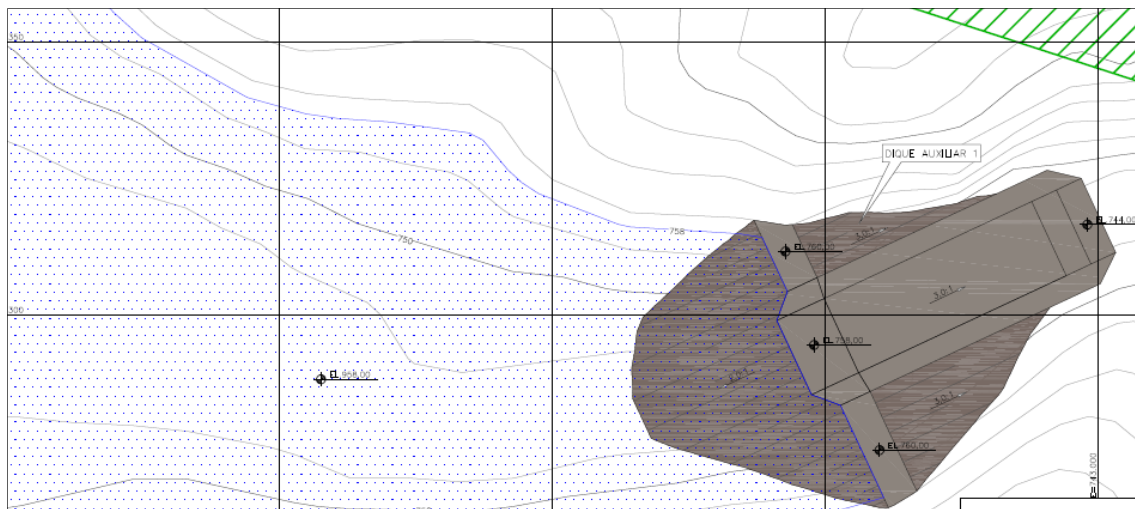


Fonte: WALM, 2018.

A fim de captar a água do sistema de drenagem interna e recircular a mesma para a planta/processo, foi projetado um dique auxiliar galgável em enrocamento com o núcleo argiloso a jusante da barragem 1. O dimensionamento levou em consideração a crista do dique na El. 760,00 m com o volume disponível para amortecimento das cheias de 232.877 m³ com sistema de bombeamento com capacidade de 3.500,00 m³/h.

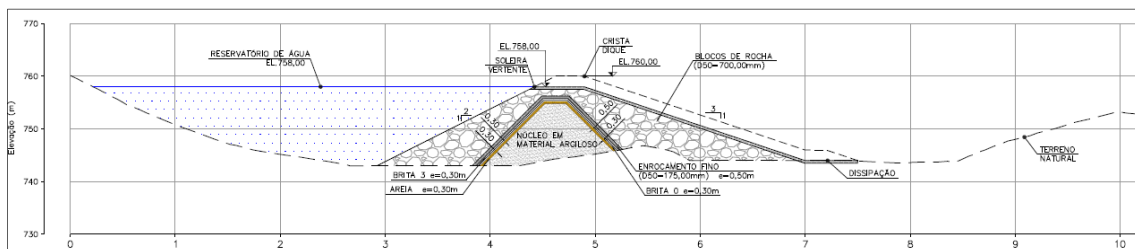
A Figura 4.3.2-15 apresenta o arranjo geral e a Figura 4.3.2-16 a seção típica do dique auxiliar 1.

FIGURA 4.3.2-15 - Arranjo geral - Dique Auxiliar 1



Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-16 - Seção típica - Dique Auxiliar 1



Conceito do Maciço Alteado com Rejeitos

O maciço alteado com rejeito utiliza um rejeito grosso ou a fração grossa para construção do alteamento da barragem pelo método de linha de centro.

- Construção de um dique de partida, que é uma barragem de solo ou enrocamento convencional;
- Transporte do rejeito em forma de polpa, até a crista do barramento. No caso de o rejeito apresentar as características granulométricas e de permeabilidade adequadas ele será utilizado diretamente na construção do alteamento do maciço, caso contrário, deverá ser ciclonado sendo a fração grossa (*underflow*) utilizada para construção do alteamento e a fração fina (*overflow*) lançada no reservatório;

- O rejeito a ser utilizado como material de construção deverá apresentar as seguintes características: coeficiente de permeabilidade $k \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/s e teor de finos passantes na # nº 200 (0,075 mm) $\leq 20\%$. Estas características são fundamentais para que a água utilizada no transporte do rejeito escoe rapidamente permitindo as operações de espalhamento e compactação;
- Após ser descarregado no talude da barragem o rejeito é espalhado em camadas sucessivas e paralelas com o auxílio de tratores e compactado com o auxílio de rolo compactador liso vibratório, ao longo do comprimento do talude promovendo o alteamento da crista da barragem;
- Adoção de um sistema robusto de drenagem interna capaz de escoar rapidamente a água descarregada com o rejeito, a água percolada pela fundação e, água de precipitações, de forma a evitar a saturação do talude, consistindo de filtro septo vertical de areia média e tapete drenante tipo sanduiche (núcleo de pedrisco / brita e camadas superiores e inferiores de areia média);
- Talude de jusante com inclinação máxima 3,5 a 3,0H:1,0V para permitir a compactação na direção do talude;
- Nível d'água afastado da crista da barragem formando uma ampla praia de rejeitos (maior que 400,0 m dependendo da situação), para controle da superfície freática no interior do maciço;
- Controle tecnológico sistemático do rejeito utilizado como material de construção (granulometria e conteúdo de finos), da compactação do talude de jusante e geometria geral da barragem;
- Equipe especializada em operação e monitoramento.

4.3.2.5.1 - Maciço

O maciço da barragem 1 será constituído por um dique de partida em estéril compactado e alteamentos em rejeito grosso por linha de centro. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 935,0 m, com 10,0 m de largura e 6827,66 m de comprimento; altura máxima de 159,0 m; inclinação do talude de jusante de 3,5 H : 1,0 V.

4.3.2.5.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna

O sistema de drenagem superficial da barragem 1 tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial sobre o talude de jusante e crista do maciço da barragem 1 e conduzi-las, de forma ordenada, até os pontos de descarga no terreno natural, evitando o desenvolvimento de processos erosivos. O sistema proposto é constituído basicamente pelas seguintes estruturas:

- Canaletas de drenagem nas bermas, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais provenientes das bancadas da barragem até as descidas de água e/ou aos canais periféricos;
- Descidas de água sobre os taludes, responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos canais periféricos;
- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas, descidas de água e áreas adjacentes, descartando-os juntos as bacias de dissipação. Os canais periféricos serão concebidos com perfil longitudinal em degraus onde a topografia possuir altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água;

- Bacias de dissipação, previstas nas extremidades de jusante dos canais periféricos, com o objetivo de reduzir a energia do fluxo de água, evitando a ocorrência de processos erosivos;
- *Sump* 01, concebido imediatamente a jusante dos canais periféricos CP-01 e CP-02, com a função de armazenar as contribuições provenientes das precipitações diretas sob o maciço e drenagem interna que não são passíveis de serem retiradas por gravidade, para serem, posteriormente, bombeadas para o Dique Auxiliar 1;
- *Sump* 02, a ser implantado a jusante dos canais periféricos CP-09 e CP-10, visando armazenar as contribuições provenientes das precipitações diretas sob o maciço e drenagem interna e, em seguida bombeá-las para o reservatório do Dique Auxiliar 1, visando evitar o aporte dessas águas na cavidade existente imediatamente a jusante.

Para garantir que não haja a saturação e desestabilização do maciço de jusante da barragem, foi prevista a implantação do sistema de drenagem interna composto por um filtro vertical e tapete drenante e no fundo do talvegue à jusante da barragem um dreno de fundo, cuja função será de receber uma parcela de água liberada pelo rejeito grosso, a água percolada pela estrutura e, por fim, a água de precipitação pluviométrica incidente sobre o maciço.

4.3.2.5.3 - Sistema Extravisor

O sistema extravisor da barragem 1 foi concebido com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório em épocas de cheias até o talvegue natural, garantindo a segurança hidráulica da barragem. Tanto para a etapa inicial, quanto para a etapa final, essa estrutura foi concebida em colchão reno, com seção transversal, com base de 9,0 metros, altura de 3,0 metros e taludes 1V:2H, tendo a sua soleira na etapa inicial e final nas cotas 887,00 m e 932,00 m, respectivamente.

O sistema extravisor foi dimensionado para a vazão decorrente da chuva de 10.000 anos de período de retorno, considerando uma borda livre mínima de 1,0 m, conforme recomendação constante na publicação “Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração”, (PINHEIRO, 2011).

O sistema extravisor de emergência do Dique Auxiliar 1 foi concebido com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório em épocas de cheias até o talvegue natural, garantindo a segurança hidráulica do barramento, sendo composto pelos seguintes elementos:

- Trecho 1: soleira vertente concebida em geometria trapezoidal, com base menor de 15,0 metros, altura de 2,00 m, taludes laterais de 2,0(H): 1,0(V), revestida em enrocamento arrumado, com diâmetro dos blocos D50 de 50 cm;
- Trecho 2: canal do rápido, sendo o próprio corpo do maciço do dique, revestido em enrocamento arrumado com D50 de 50 cm, declividade longitudinal de 3,0(H): 1,0(V) e transversal de 2,0 (H): 1,0(V);
- Trecho 3: bacia de dissipação para redução do potencial erosivo das vazões vertidas, revestida em enrocamento arrumado D50 de 50 cm.

4.3.2.5.4 - Monitoramento

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. O Quadro 4.3.2-11 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

QUADRO 4.3.2-11 - Instrumentos de monitoramento - Barragem 1.

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro Casagrande	63	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de sub-pressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Piezômetro Elétrico	18	Maciço	Maciço da barragem, para conhecer e avaliar as poropressões desenvolvidas devido ao desenvolvimento da barragem
Indicador de Nível D'água (INA)	65	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	67	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.5.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

Após análise das características da barragem 1, a mesma foi classificada da seguinte forma.

QUADRO 4.3.2-12 - Resumo da Classificação - Barragem 1

Descrição das Informações	
Características Técnicas (CT)	15
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	23
Dano Potencial Associado (DPA)	22
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Alto
Classe	B

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.5.6 - Alteamentos com Rejeito

Os alteamentos da barragem 1 deverão ser executados com rejeito grosso ciclonado. A operação de ciclonagem será executada na usina, de onde o *underflow* será conduzido ao local de aplicação.

As atividades de alteamento incluem lançamento e espalhamento na crista e talude de jusante da barragem, compactação e controle de qualidade dos serviços.

Os materiais a serem utilizados na construção dos alteamentos deverão ser obtidos da ciclonagem do rejeito grosso para o maciço e em areais ou depósitos de areia artificial e pedreiras para os filtros e transições.

O controle de qualidade dos materiais será feito através de coleta de amostras nas camadas depois da compactação, e da realização de ensaios de granulometria sobre estas amostras. Os resultados dos ensaios deverão se enquadrar dentro dos limites estabelecidos nas especificações e/ou projeto.

4.3.2.6 - Barragem de Rejeitos 2

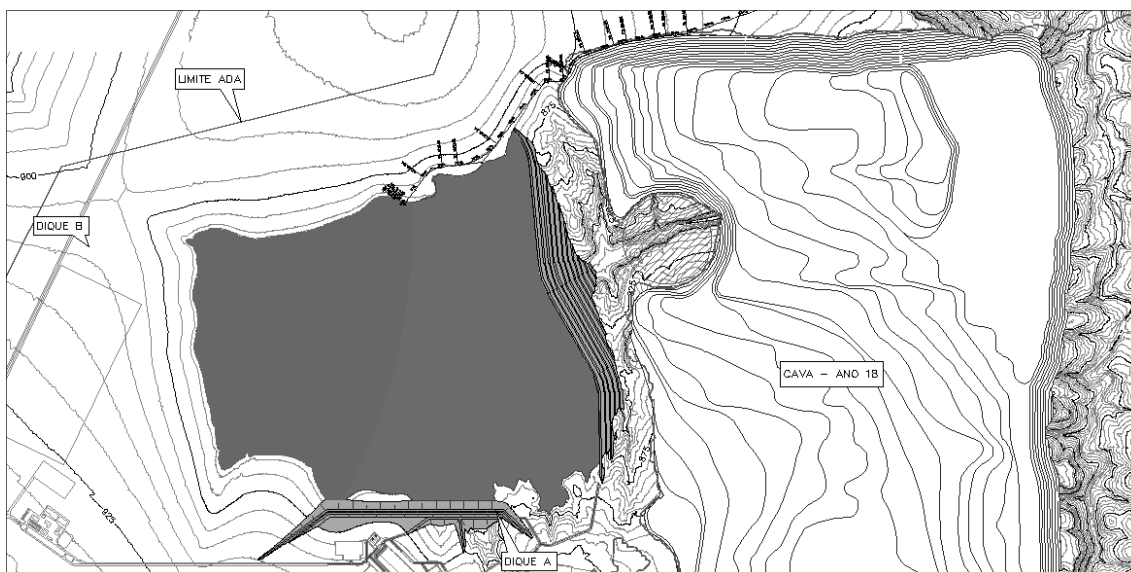
A barragem 2 consiste na implantação do barramento construído em etapas, considerando a construção do maciço inicial e alteamentos em solo compactado pela metodologia de linha de centro.

A ficha técnica a seguir apresenta as características desta barragem, assim como os arranjos da estrutura para a etapa inicial e final.

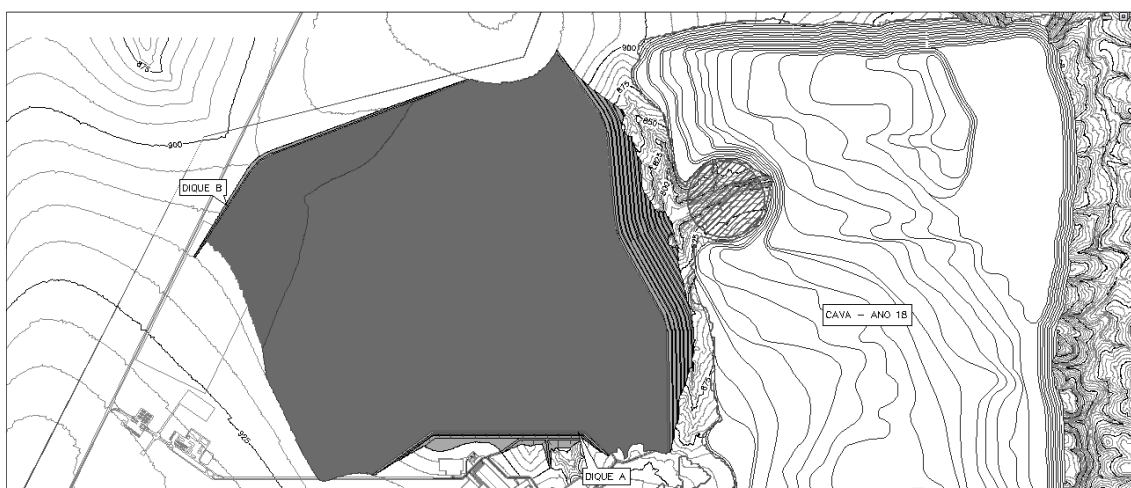
QUADRO 4.3.2-13 - Ficha Técnica da Barragem 2.

Estrutura	Inicial	Final
Elevação Crista (m)	890,00	915,00
Elevação Base (m)	783,00	782,00
Altura Máxima (m)	107,00	133,00
Largura de Crista (m)	10,00	10,00
Comprimento de Crista (m)	3.791,25	4.485,76
Talude locais (H:V)	2,0 H:1,0 V	2,0 H:1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00	10,00
Largura de bermas (m)	6,00	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	3,5 H:1,0 V	3,5 H:1,0 V
Área de Maciço (m ²)	497.756,64	493.195,12
Volume total Maciço (m ³)	17.150.000	26.450.000
Cota do nível d'água operacional (m)	888,00	913,00
Área de espelho d'água (m ²)	3.168.626	5.459.582
Volume do Reservatório (m ³) - Até a cota da soleira	116.924.991	221.577.298
Volume do Reservatório (m ³) - Até a cota da crista	123.404.484	232.721.245
Vazão de Projeto Sistema Extravasor- TR 10.000 anos (m ³ /s)	10,92	10,94
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	888,94	913,94
Borda Livre Resultante (m)	1,06	1,06

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-17 - Arranjo geral - Barragem 2 - Etapa Inicial

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-18 - Arranjo geral - Barragem 2 - Etapa Final

Fonte: WALM, 2018.

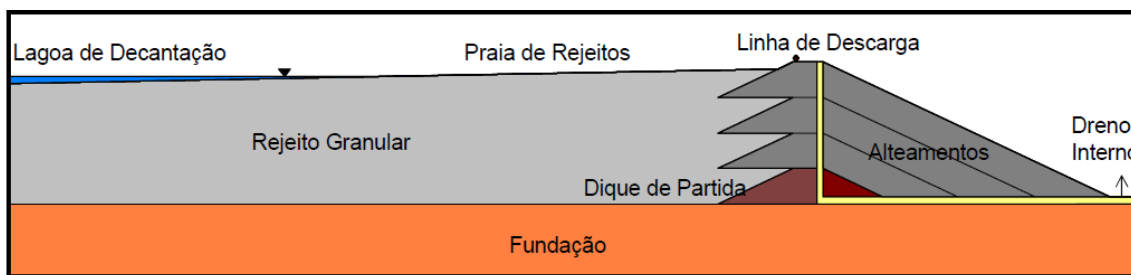
Alteamento por Linha de Centro

A construção de uma barragem de rejeitos por linha de centro representa basicamente uma variação do método de jusante em que os alteamentos da barragem são realizados mantendo-se inalterada a posição original do eixo da construção. O primeiro alteamento é executado lançando-se o aterro sobre o limite montante da praia e o talude de jusante do maciço do dique de partida, com os alteamentos subsequentes devendo ser condicionados à manutenção deste eixo original, ao longo de toda a vida útil do empreendimento.

De maneira geral, o método da linha de centro pode ser considerado como uma solução intermediária entre os dois métodos de alteamentos (montante e jusante), agregando, desta forma, vantagens e desvantagens de ambos, embora, do ponto de vista de comportamento estrutural, tenda a se assemelhar essencialmente às barragens construídas pelo método de jusante. Neste contexto, porém, a maior facilidade construtiva e a exigência de volumes relativamente menores de material no processo de construção da barragem são fatores favoráveis à adoção do método da linha de centro. Outra vantagem potencial refere-se ao maior controle da linha de saturação e do processo de fluxo através do maciço da barragem, principalmente quando se decide estender nos alteamentos o filtro septo vertical implantado no dique de partida, que se configura uma variante do método clássico de alteamento de linha de centro para este objetivo.

A Figura 4.3.2-19 apresenta uma seção ilustrativa de uma barragem alteada pela metodologia de linha de centro com extensão do filtro septo nos alteamentos.

FIGURA 4.3.2-19 - Metodologia de barragem de rejeitos alteada pela linha de centro



Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.6.1 - Maciço

O maciço da barragem 2 será constituído por um dique de partida em estéril compactado e alteamento em estéril por linha de centro. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 915,0 m, com 10,0 m de largura e 4.485,76 m de comprimento; altura máxima de 132,0 m; inclinação do talude de jusante de 3,5 H : 1,0 V com bermas de 6,0 m de largura.

4.3.2.6.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial sobre o talude de jusante e crista do maciço da barragem 2 e conduzi-las, de forma ordenada, até o *sump* localizado a jusante, evitando o desenvolvimento de processos erosivos. O sistema proposto é constituído basicamente pelas seguintes estruturas:

- Canaletas de drenagem nas bermas, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais provenientes das bancadas da barragem até as descidas de água e/ou aos canais periféricos;
- Descidas de água sobre os taludes, responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos canais periféricos;

- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas, descidas de água e áreas adjacentes, descartando-os juntos aos *sumps*. Os canais periféricos serão concebidos com perfil longitudinal em degraus onde a topografia possuir altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água;
- *Sumps*, concebidos com a função de contenção de sedimentos. Vale ressaltar que o SUMP-03, localizado no talvegue a jusante da barragem, receberá toda a contribuição da drenagem superficial da barragem, a qual deverá ser bombeada para que não atinja a cavidade existente logo a jusante.

O sistema de drenagem interna do maciço principal da barragem 2 e auxiliares será composto por um filtro septo vertical e tapete drenante no fundo do talvegue.

4.3.2.6.3 - Sistema Extravasor

O sistema extravasor da barragem 2, para as fases inicial e final, foi concebido com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório em épocas de cheias até o talvegue natural, garantindo a segurança hidráulica do barramento. Destaca-se que o sistema extravasor foi previsto em concreto com seção trapezoidal. O extravasor da fase final é conectado ao vertedouro da etapa inicial.

4.3.2.6.4 - Monitoramento

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. O Quadro 4.3.2-14 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

QUADRO 4.3.2-14 - Instrumentos de monitoramento - Barragem 2

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro Casagrande	32	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de sub-pressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Indicador de Nível D'água (INA)	31	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	34	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.6.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

Após análise das características da barragem 2, a mesma foi classificada da seguinte forma.

QUADRO 4.3.2-15 - Resumo da Classificação da Barragem 2

Descrição das Informações	
Características Técnicas (CT)	15
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	23
Dano Potencial Associado (DPA)	13
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Alto
Classe	B

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.7 - Atividades de Operação das Barragens 1 e 2

Para os estudos, foram elaborados diversos cenários de disposição, considerando o plano de produção.

Foram avaliados os cenários das barragens operando isoladamente até a sua exaustão, simulando as condições para a barragem 1 operando desde o início, barragem 2 operando desde o início e consolidando os tempos de vida útil das estruturas até a sua exaustão. Assim, o cenário que apresentou a melhor composição para atendimento ao volume total de rejeitos a serem dispostos ao longo dos 18 anos do Projeto Bloco 8 consiste em:

- A barragem 2 iniciando as operações no início das atividades do Projeto Bloco 8 (Ano 1), na cota referente ao maciço inicial na EL. 890,00 m (construído em estéril compactado obtido nas atividades da pré-produção, volumes gerados pelas obras de terraplenagem na Planta Industrial e em materiais oriundos das escavações obrigatórias na região);
- A barragem 2 deverá atender à disposição integral do volume de rejeito grosso, fino e lama nos Anos 1 e 2 da operação;
- A barragem 1 inicia suas operações no início do Ano 3, considerando a construção do maciço inicial na EL. 890,00 m (construído em estéril compactado e/ou em materiais oriundos das escavações obrigatórias na região);
- Para o plano de produção apresentado, foi necessária a redistribuição dos volumes anuais para atendimento as condições operacionais da barragem 2 e barragem 1, respectivamente;
- A proporcionalidade anual do volume total de rejeito grosso, fino e lama a serem depositados ano a ano nas barragens 1 e 2 é apresentada a seguir.

QUADRO 4.3.2-16 - Distribuição das proporções em percentagem da disposição dos rejeitos grossos, finos e lama para a Barragem 1

Ano	Barragem 1		
	% Disposição Rejeito Grosso	% Disposição Rejeito Fino	% Disposição Lama
1			
2			
3	85%	90%	30%
4	85%	90%	30%
5	85%	90%	30%
6	85%	90%	30%
7	85%	90%	30%
8	85%	90%	30%
9	85%	90%	30%
10	85%	90%	30%
11	85%	90%	30%
12	85%	90%	30%
13	100%	95%	30%
14	100%	100%	100%
15	100%	100%	100%
16	100%	100%	100%
17	100%	100%	100%
18	100%	100%	100%

Fonte: WALM, 2018.

QUADRO 4.3.2-17 - Distribuição das proporções em percentagem da disposição dos rejeitos grossos, finos e lama para a Barragem 2

Ano	Barragem 2		
	% Disposição Rejeito Grosso	% Disposição Rejeito Fino	% Disposição Lama
1	100%	100%	100%
2	100%	100%	100%
3	15%	10%	70%
4	15%	10%	70%
5	15%	10%	70%
6	15%	10%	70%
7	15%	10%	70%
8	15%	10%	70%
9	15%	10%	70%
10	15%	10%	70%
11	15%	10%	70%
12	15%	10%	70%
13	0%	5%	70%
14			

Ano	Barragem 2		
	% Disposição Rejeito Grosso	% Disposição Rejeito Fino	% Disposição Lama
15			
16			
17			
18			

Fonte: WALM, 2018.

A barragem 2 será responsável por atender a todo o volume gerado nos Anos 1 e 2 da operação e deverá passar por obras de alteamento pela metodologia de linha de centro em duas fases. Os estudos conceituais preveem a primeira etapa do alteamento de 15,00 metros considerando a construção da barragem com o estéril gerado na exploração da cava do Projeto Bloco 8, utilizando a metodologia de linha de centro, levando a estrutura para a EL. 905,00 m. A segunda etapa do alteamento prevê o alteamento por linha de centro da estrutura em 10,00 metros, considerando a utilização do estéril como material de construção, levando a crista para a cota final da estrutura na EL. 915,00 m. Conforme já citado, decidiu-se adotar a extensão do filtro septo vertical nos alteamentos até a crista final para melhoria das condições de segurança.

Na configuração final da barragem na EL. 915,00 m, a disposição dos rejeitos na barragem 2 será realizada até o final do Ano 13 da operação do Projeto Bloco 8, quando é atingida a capacidade máxima de acumulação da estrutura. A partir do Ano 14, a SAM poderá iniciar as atividades de descomissionamento da estrutura.

Cabe ressaltar que as etapas de alteamento da barragem 2, considerando a metodologia construtiva da linha de centro com o próprio estéril deverão utilizar os estéreis dos seguintes anos de operação:

- Primeiro Alteamento: Consumo de parte da produção do estéril dos Anos 1 e 2, considerando dois anos de construção;
- Segundo Alteamento: Consumo de parte da produção do estéril dos Anos 7 e 8 considerando dois anos de construção.

A partir dos estudos de disposição dos rejeitos de forma hidráulica nas barragens 1 e 2 do Projeto Bloco 8, verifica-se que a barragem 1 só iniciará suas atividades no início do Ano 3 do empreendimento, pois os volumes iniciais para a construção do maciço inicial na EL. 890,00 m, bem como para a construção da barragem da ombreira direita seriam muito superiores ao previsto para a construção das estruturas da barragem 2.

Para o presente estudo, foi considerado o início das atividades de construção da barragem 1 entre os Anos 1 e 2 da operação, considerando a utilização do estéril gerado nas atividades da lavra do Projeto Bloco 8, escavações obrigatórias na área de implantação da barragem e áreas de empréstimo no reservatório da estrutura. A partir do Ano 3 de operação, a barragem 1 irá receber parte dos rejeitos gerados na planta industrial, devendo operar até o final do Ano 7, sem a necessidade de obras de alteamento.

A partir do início do Ano 8 da operação, a barragem 1, obrigatoriamente, deverá ser alteada considerando a utilização do rejeito grosso do processo industrial, que apresenta características adequadas para este tipo de operação. Nesta etapa, para atendimento das condições operacionais desta metodologia, o Dique Auxiliar 1 deverá estar concluído, de modo a permitir a coleta e armazenamento da água liberada do rejeito grosso, considerado para a construção da barragem 1, bem como dos dispositivos de drenagem interna.

Ressalta-se ainda que o crescimento da barragem é diário, devido ao tipo de metodologia adotada para o alteamento (linha de centro com o próprio rejeito grosso gerado no processo industrial). Para a garantia da segurança geotécnica da estrutura, recomenda-se a disposição dos rejeitos para o maciço e para o reservatório nas proporções descritas nos Quadros 4.3.2-16 e 4.3.2-17.

A partir do exposto, para a barragem 1 conclui-se que:

- O maciço inicial da barragem 1 deverá estar concluído no início do Ano 3 de operação do empreendimento;
- A construção do maciço inicial da barragem 1 deverá ser construído preferencialmente em estéril, considerando a utilização dos materiais dos Anos 1 e 2 da operação;
- O maciço da ombreira direita da barragem 1 deverá ser construído por materiais de empréstimo da área do reservatório e/ou por materiais oriundos das escavações obrigatórias do empreendimento;
- O maciço inicial da barragem 1 na EL. 890,00 m atenderá aos volumes de produção dos rejeitos do Anos 3 ao 7;
- As já citadas providências adicionais de segurança torna a estrutura bastante segura, no aspecto de estabilidade.

4.3.2.8 - Backfill

O *backfill*, além do estéril, deverá apresentar, para as etapas finais de operação, área disponível para disposição de rejeitos. Para esta condição, a disposição do estéril na área da cava deverá manter áreas apropriadas para a disposição de rejeitos, considerando lançamento hidráulico.

Como se trata de uma fase inicial de projeto e os volumes de estéril variam ao longo do tempo, para esta etapa dos estudos, foi considerado apenas o arranjo final da estrutura. O sequenciamento desta estrutura deverá ser realizado nas próximas fases do estudo, considerando todas as interferências do projeto e com base no refinamento dos estudos das barragens de rejeito que podem reduzir e/ou aumentar as demandas de estéril, implicando diretamente na geometria do *backfill*.

Neste contexto, a disposição em estéril deverá ocupar toda a porção oeste/nordeste da cava, sendo considerado a separação da estrutura em duas pilhas de meia encosta na EL. 775,00 m, equivalente a região que intercepta a drenagem do córrego Mundo Novo, a montante da Cava no trecho compreendido entre a barragem 2 e o bordo da cava. Nesta região foi necessária à restrição do aterro de modo a compatibilizar a drenagem do trecho e a cava do Projeto Bloco 8, onde o trecho remanescente do córrego Mundo Novo deverá ser desviado pela drenagem superficial do *backfill*.

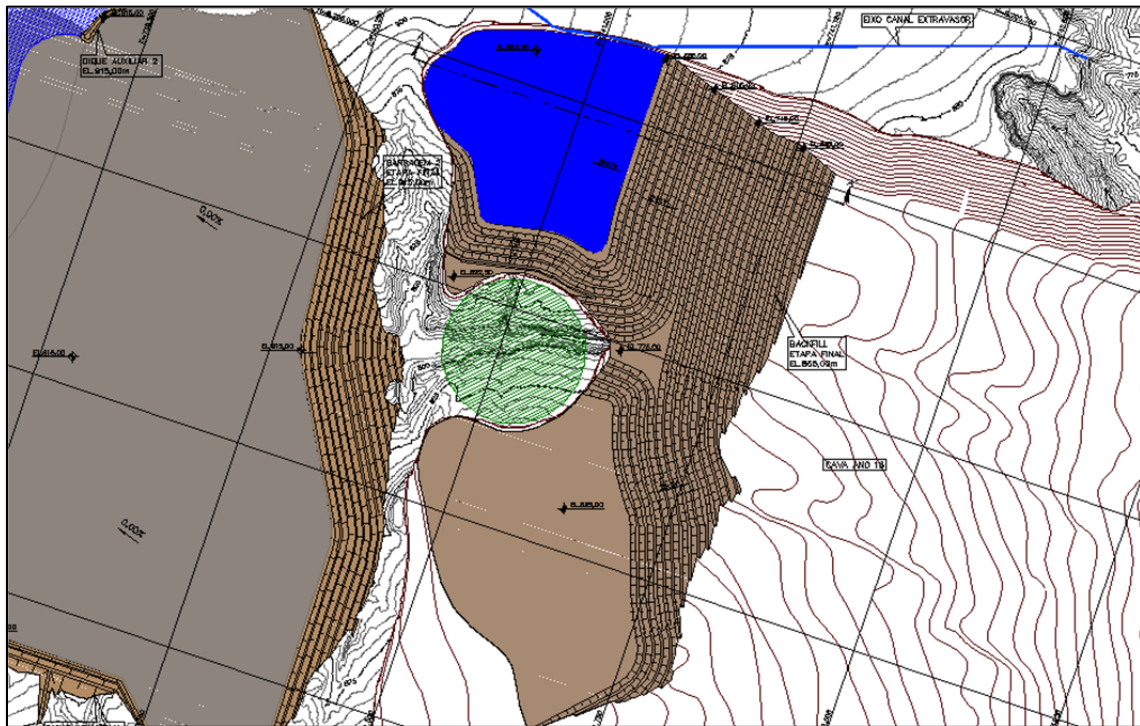
Além dos itens citados, o *backfill* deverá apresentar sistema de drenagem superficial constituídos por canaletas de bermas, descidas hidráulicas, canais periféricos e dispositivos de dissipação, para atendimento as estações chuvosas, evitando a formação de processos erosivos na face dos taludes e bermas durante os períodos de operação. Além disto, foi previsto a construção de um *sump* no interior da cava para atendimento aos fluxos e sedimentos gerados na região.

A ficha técnica a seguir apresenta as características desta estrutura, assim como o arranjo geral e a seção típica.

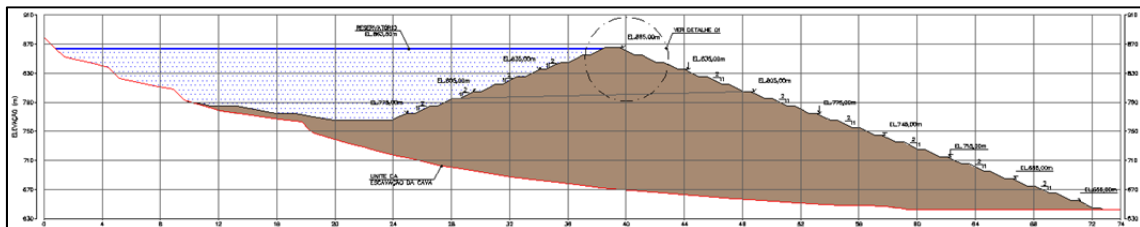
QUADRO 4.3.2-18 - Ficha Técnica do *Backfill*

Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	865,00
Elevação Base (m)	642,50
Altura Máxima (m)	225,50
Largura de Crista (m)	20,00
Comprimento de Crista (m)	1.547,73
Talude locais (H:V)	2:1
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00
Largura de bermas (m)	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	2,6:1
Borda livre reservatório (m)	1,50
Cota do nível d'água operacional (m)	863,50
Área de Ocupação (m ²)	2.008.858,00
Volume total de Disposição de Estéril (Mm ³)	125,00
Volume total do Reservatório (Mm ³)	19,46
Área total de Espelho D'água (m ²)	428.930,04

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-20 - Arranjo Geral do *Backfill*

Fonte: WALM, 2018.

FIGURA 4.3.2-21 - Seção típica do *Backfill*

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.8.1 - Maciço

O maciço do *backfill* é constituído basicamente de estéril. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 865,0 m, com 20,0 m de largura e 1.547,73 m de comprimento; altura máxima de 225,50 m; inclinação do talude de jusante de 2,6H:1V com bermas de 6,0 m de largura.

4.3.2.8.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna

O sistema de drenagem do *backfill* foi concebido com o objetivo de coletar as águas provenientes da precipitação direta incidente sobre a área do *backfill* e entorno. Essas águas serão conduzidas, de forma ordenada, até ao *sump* estrategicamente posicionado no fundo da cava, de modo a evitar o desenvolvimento de processos erosivos. São elementos deste sistema:

- Drenagem sobre as bermas que deverão funcionar como canais, conduzindo os escoamentos provenientes do *backfill* até as descidas de água e/ou canais periféricos;
- Descidas de Água (DC), responsáveis por coletar os escoamentos provenientes das bermas, destinando-os aos canais periféricos;
- Leiras de proteção de solo compactado, com altura mínima de 0,50 m e taludes 1V:2H, visando o direcionamento das drenagens incidentes sobre o platô do *backfill* para o canal periférico, evitando a fuga de água e ocorrência de processos erosivos na face dos taludes de jusante e;
- Sump, estrutura escavada em solo localizado no fundo da cava, com a finalidade de conter os sedimentos que, por ventura, sejam gerados durante as operações de lavra e armazenar as contribuições provenientes das precipitações diretas no *backfill*, para serem posteriormente bombeadas para a sua reutilização no processo de beneficiamento do minério.

Para garantir que não haja a saturação e desestabilização da região da disposição do estéril na região leste do *backfill*, foi prevista a implantação do sistema de drenagem interna cuja função é receber os escoamentos provenientes do desaguamento subterrâneo (recarga natural) e contribuições oriundas da infiltração através do material da pilha. Como o estéril será depositado no interior da cava do Projeto Bloco 8, assente em rocha, será desprezada a parcela de contribuição pelo desaguamento subterrâneo.

Para o trecho em estéril foi considerado a implantação de tapetes drenantes na região da fundação e ombreiras de modo a conduzir os fluxos percolados pelo maciço em estéril. A opção da adoção de drenagem interna somente com tapetes drenantes nestas regiões, visa possibilitar a SAM na disposição do estéril de maneira convencional na região do maciço de suporte da sela topográfica na região norte/noroeste, considerando compactação com o tráfego de equipamentos. Desta forma, despreza-se a utilização de filtros verticais que exigiriam obras civis para a sua construção, reduzindo despesas operacionais e mantendo a produtividade das operações de disposição do estéril para os 18 anos de operação.

4.3.2.8.3 - Sistema Extravisor

O sistema extravisor do reservatório formado pelo *backfill* foi concebido com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório em épocas de cheias até o extravisor da barragem 2, garantindo a segurança hidráulica da estrutura. Destaca-se que o sistema extravisor foi previsto em concreto com seção trapezoidal.

O vertedouro do reservatório do *backfill* apresenta as seguintes dimensões.

QUADRO 4.3.2-19 - Extravaso do reservatório do *Backfill*

Extravaso do reservatório do <i>Backfill</i>	
Geometria	Trapezoidal
Base menor (m)	1,00
Taludes (H:V)	2,00
Altura (m)	1,50

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.8.4 - Monitoramento

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade. O Quadro 4.3.2-20 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

QUADRO 4.3.2-20 - Tipos de instrumentos de monitoramentos - sistema de drenagem do *Backfill*

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro Casagrande	18	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de sub-pressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Indicador de Nível D'água (INA)	27	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	27	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.
Medidor de Vazão	02	Saída dos dispositivos de drenagem interna	Conhecimento da vazão percolada e posição dos níveis freáticas na região destinada exclusivamente a disposição do estéril

Fonte: WALM, 2018.

Para os estudos, de modo a reduzir os impactos ambientais na área do Projeto Bloco 8, bem como iniciar as obras de reabilitação de áreas antropizadas das atividades minerárias, optou-se pela disposição do estéril nas áreas exauridas da cava do Projeto Bloco 8.

Este tipo de disposição é denominado como “Sequenciamento Verde” e/ou “*Backfilling*”, por ocupar áreas já impactadas pela atividade de mineração, reduzindo o impacto ambiental, por evitar a ocupação de novas áreas no entorno do empreendimento e auxiliando na etapa de descomissionamento das áreas exauridas da cava com o fechamento da estrutura. Ressalta-se que para os estudos, a SAM considerou a ocupação de parte da cava do Projeto Bloco 8, com a Pilha de Minério de Oportunidades, considerando a redução dos impactos ambientais na área do projeto, assim como a disposição em *backfill*.

Assim, a disposição do estéril será iniciada no Ano 2 das operações do Projeto Bloco 8, considerando os volumes apresentados no Quadro 4.3.2-21, e tomando como base o limite da cava no final de cada ano de operação. Como o sequenciamento previsto para a lavra do empreendimento prevê o avanço de oeste para leste com o rebaixamento sucessivo das regiões, os estudos para a disposição do *backfill* para a disposição do estéril tomaram como base a cava do Ano 14, pois após este ano a cava não permite áreas para a disposição do material na sequência do avanço. Cabe ressaltar que o volume total previsto no Quadro 4.3.2-21 é atendido integralmente pelo arranjo geométrico.

Para o Projeto Bloco 8, o *backfill* encerra suas operações no final do empreendimento previsto para o Ano 18 em conjunto com as demais estruturas do complexo.

QUADRO 4.3.2-21 - Cálculo do Volume Real de Estéril a ser Disposto

Ano de Operação	Plano de Produção Estéril	Volumes Barragem 1 (m³)		Volumes Barragem 2 (m³)		Volume de Disposição em <i>Backfill</i> (m³)
	Volume de Estéril Gerado Anualmente (Empolamento de 30%) m³	Requerido (Arranjos)	Volume consumido de estéril	Requerido (Arranjos)	Volume consumido de estéril	
0	11.377.437,50			19.700.778,79	11.377.437,50	0,00
1	16.702.562,50		13.702.562,50			0,00
2	8.698.625,00	18.955.967,79	5.253.405,29		2.020.828,39	1.424.391,32
3	14.512.875,00			5.020.828,39		14.512.875,00
4	14.859.812,50					14.859.812,50
5	7.847.125,00					7.847.125,00
6	14.798.875,00					14.798.875,00
7	15.192.937,50				2.000.000,00	13.192.937,50
8	4.996.875,00				2.600.141,84	2.396.733,16
9	4.337.937,50			4.600.141,84		4.337.937,50
10	8.798.562,50					8.798.562,50
11	4.524.000,00					4.524.000,00
12	4.110.437,50					4.110.437,50
13	7.910.500,00					7.910.500,00
14	4.368.000,00					4.368.000,00
15	3.208.562,50					3.208.562,50
16	3.176.875,00					3.176.875,00
17	4.762.062,50					4.762.062,50
18	6.933.875,00					6.933.875,00
Total (m³)						121.163.561,98

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.9 - Barragem Industrial

A barragem industrial tem diversas funções fundamentais para o projeto:

- regularização da vazão da área de 38,2 km² situada a sul e a oeste da cava (áreas de drenagem da barragem 1, da barragem de água industrial e incremental do canal vertedor entre a barragem 1 e a barragem de água industrial), de modo a garantir a vazão residual requerida no PCL (Ponto de Controle Lamarão);
- formar reservatório de água que eventualmente pode completar as necessidades hídricas do sistema, especialmente em caso de reparo da captação de água bruta ou da respectiva adutora;
- servir como sistema complementar de sedimentação e limpeza da água, ainda que se entenda que na maior parte do tempo esta função não seja necessária.

A barragem será construída em uma única etapa, com crista na cota 860 m. O material de construção será oriundo de escavações dentro do próprio reservatório.

A barragem industrial é formada por um reservatório único contemplando toda a bacia do córrego do Vale. Na ficha técnica abaixo consta as informações do arranjo geral da barragem.

QUADRO 4.3.2-22 - Ficha Técnica da Barragem Industrial

Barragem Industrial	
Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	860,00
Elevação Base (m)	777,00
Altura Máxima (m)	83,00
Largura de Crista (m)	10,00
Comprimento de Crista (m)	672,00
Talude locais (H:V)	2,0 H : 1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00
Largura de bermas (m)	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	2,6 H : 1,0 V
Área de Maciço (m ²)	11.360,57
Volume total Maciço (m ³)	2.660.000,00
Cota do nível d'água operacional (m)	858,00
Área de espelho d'água (m ²)	783.387
Volume do Reservatório (m ³) - Até a cota da soleira na El. 858,00 m	19.322.109
Vazão de Projeto Sistema Extravisor- TR 10.000 anos (m ³ /s)	59,31
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	858,95
Borda Livre Resultante (m)	1,05

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.9.1 - Maciço

A barragem industrial será construída em uma única etapa, sendo o maciço homogêneo, constituído de estéril compactado. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 860,0 m, com 10,0 m de largura e 672,0 m de comprimento; altura máxima de 83,0 m; inclinação do talude de jusante de 2,6 H : 1,0 V com bermas de 6,0 m de largura.

4.3.2.9.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial da barragem industrial e conduzi-las, de forma ordenada, até o curso de água, de forma a proteger os taludes e bermas do maciço, evitando o desenvolvimento de processos erosivos. O sistema proposto é constituído pelas seguintes estruturas:

- Canaletas de drenagem nas bermas da barragem, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais provenientes das bancadas da barragem até os canais periféricos. Essas estruturas foram projetadas em seção retangular revestidas em concreto, com inclinação longitudinal mínima de 0,5%;
- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas, e áreas adjacentes, descartando-os juntos as bacias de dissipação. Os canais periféricos serão instalados nas ombreiras esquerda e direita da barragem, com seção retangular, em concreto armado e serão concebidos com perfil longitudinal em degraus onde a topografia possuir altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água;
- Bacias de dissipação, previstas nas extremidades de jusante dos canais periféricos, com o objetivo de reduzir a energia do fluxo de água, evitando a ocorrência de processos erosivos;
- Proteção em enrocamento da interface de uma porção do maciço com o terreno natural, onde não foi previsto um canal periférico. Essa proteção foi constituída por um tapete de enrocamento numa faixa de aproximadamente 1,0 m do barramento, com espessura média de 0,50 m, visando proteger a face do maciço do escoamento superficial oriundo da drenagem superficial do terreno natural, de maneira a minimizar o surgimento de processos erosivos.

O sistema de drenagem da barragem será composto por um filtro vertical em areia com espessura de 1,00 m, tapetes drenantes de ombreira em areia com espessura de 0,90 m e tapete central do tipo sanduíche com núcleo drenante em brita 0 com espessura de 0,50 m envolto por transição geotécnica em areia com camada de 0,30 m. O ponto de desagüe é constituído por um dreno de pé em enrocamento localizado na base do talvegue natural.

4.3.2.9.3 - Sistema Extravador

O sistema extravasor da barragem industrial foi concebido com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório em épocas de cheias até o talvegue natural, garantindo a segurança hidráulica da barragem, sendo composto pelos seguintes elementos:

- Canal de aproximação do tipo “*side channel*”, visando a redução da seção geométrica do longo do sistema extravasor. O canal lateral será concebido em seção trapezoidal, taludes 1V:2H, com base menor de 40 metros de largura, altura de 2,0 metros, tendo sua soleira na El. 858,00m;
- Canal do vertedouro: concebido em concreto armado, com geometria retangular, e declividade longitudinal nula em seu trecho inicial, e de 0,75% no seu trecho final. O canal do vertedouro receberá as contribuições vertidas pelo canal lateral. Essa estrutura foi concebida com seção retangular, em concreto armado, com 9,0 metros de base e altura variando de 5,0 m (trecho inicial) para 3,0 metros;
- Canal do rápido: concebido em concreto armado, com geometria retangular, tendo seu fundo constituído por degraus onde a topografia possuir altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água. O canal do rápido foi concebido com seção retangular, em concreto armado, com 9,0 metros de base e altura de 2,0 metros;
- Bacia de dissipação: concebida em concreto, implantada na extremidade de jusante do rápido, visando minimizar a energia do fluxo de água e a ocorrência de processos erosivos no trecho de restituição ao talvegue natural.

4.3.2.9.4 - Monitoramento

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. O Quadro 4.3.2-23 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

QUADRO 4.3.2-23 - Tipos de instrumentos de monitoramento - Barragem Industrial

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro	08	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de subpressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Indicador de Nível D'água (INA)	08	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	08	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.9.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

Após análise das características da barragem industrial, a mesma foi classificada da seguinte forma.

QUADRO 4.3.2-24 - Resumo da Classificação da Barragem Industrial

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	10
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	18
Dano Potencial Associado (DPA)	9
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Médio
Classe	C

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.10 - Adutoras de Água Bruta

O objetivo do sistema adutor do Projeto Bloco 8 será o de assegurar a captação e a adução de água nova para abastecimento das instalações de beneficiamento de minério de ferro e outras utilidades, visando a produção anual de 27,5 Mtpa de *pellet feed*. A vazão de projeto, conforme já descrito, será de 5.171 m³/h, com picos de 6.200 m³/h, o que corresponde a, aproximadamente, 50 milhões de metros cúbicos por ano.

As instalações de captação e adução serão projetadas para, no mínimo, 20 anos de vida útil, operando 365 dias por ano e 24 horas por dia.

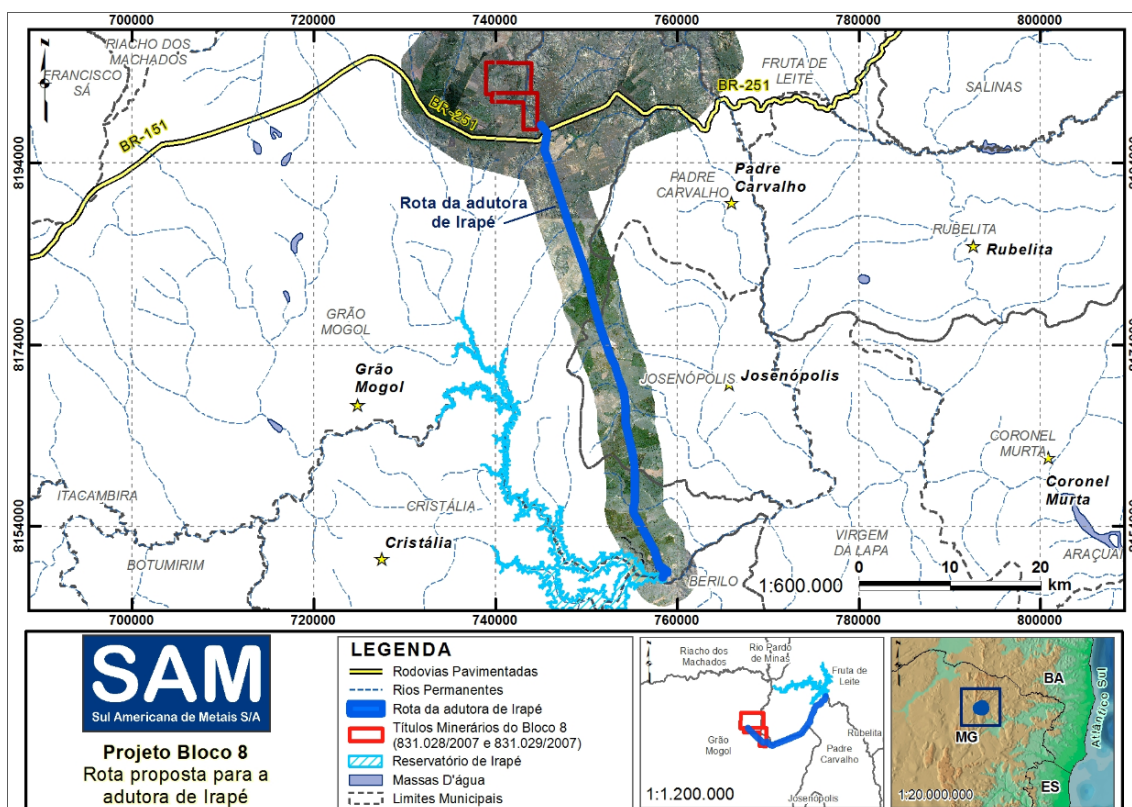
Nesse momento de estudos visando comprovar a viabilidade do empreendimento, a SAM considera a implementação de adutoras independentes para promover a captação de água bruta no reservatório da UHE Irapé (captação já outorgada) ou no reservatório futuramente formado pela barragem do rio Vacaria (captação ainda não outorgada). A seguir uma síntese das diretrizes que nortearão a elaboração dos projetos das adutoras.

4.3.2.10.1 - Adutora de Irapé

A adutora de Irapé possuirá, aproximadamente, 58 km de extensão e transportará água captada no reservatório da barragem da UHE Irapé, no município de Grão Mogol, até o reservatório elevado na usina de tratamento de minério do Projeto Bloco 8, também situada no município de Grão Mogol. Uma parte da rota da adutora atravessa área do município de Josenópolis.

O ponto de captação estará nas coordenadas 758.460E/8.148.400N e o ponto de chegada nas coordenadas 740.220E/8.199.875N, ambas no fuso 23. O traçado previsto pode ser visto na Figura 4.3.2-22.

FIGURA 4.3.2-22 - Rota proposta para a adutora de Irapé



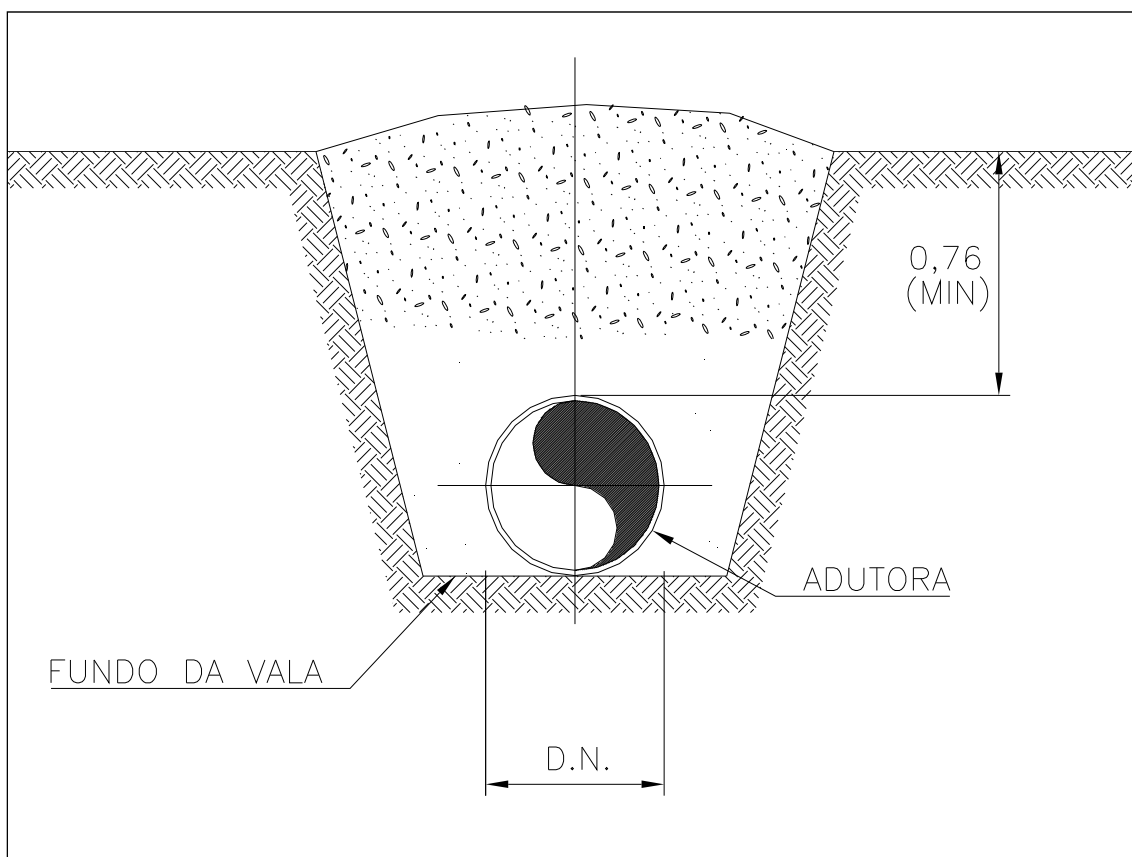
Fonte: SAM, 2018.

Haverá variação considerável de cotas entre pontos distintos da linha, tendo em vista que a captação estará na cota aproximada de 500 metros acima do nível do mar, o ponto mais alto do perfil (localizado a +/- 30 km do ponto inicial) atingirá a cota de 1004 metros e o ponto final estará localizado na cota de 930 metros.

As principais interferências da adutora com os recursos naturais serão os cursos de água a serem atravessados, ressaltando-se, porém, que não há nenhum rio ou córrego de grande porte na região de implantação do duto.

Outros cruzamentos relevantes estarão presentes na faixa de servidão de uma linha de transmissão (nas coordenadas 757.700E/8.150.735N, cota 787) e na rodovia federal BR-251 (nas coordenadas 745.090E/8.196.720N, cota 920).

A adutora será construída com uma tubulação de aço carbono de 44 polegadas de diâmetro, ou seja, com diâmetro nominal de 1.100 mm. A adutora será enterrada pela maior parte de seu percurso, conforme configuração apresentada na Figura 4.3.2-23.

FIGURA 4.3.2-23 - Corte esquemático da vala de instalação da adutora

Fonte: SNC LAVALIN Minerconsult, 2011.

Captação da água

A captação de água no reservatório da barragem da UHE Irapé será provida por uma balsa dotada de quatro bombas centrífugas de eixo horizontal com sistema automático de escorva, sendo que três bombas estarão operando e uma bomba ficará de reserva. Cada bomba será responsável por bombear 2.067 m³/h.

A balsa também será equipada com uma talha para manutenção. A interligação da balsa com a margem do reservatório de Irapé será feita através de uma passarela modulada, onde também será instalado o cabeamento elétrico e de supervisão e controle.

4.3.2.10.2 - Adutora do Rio Vacaria

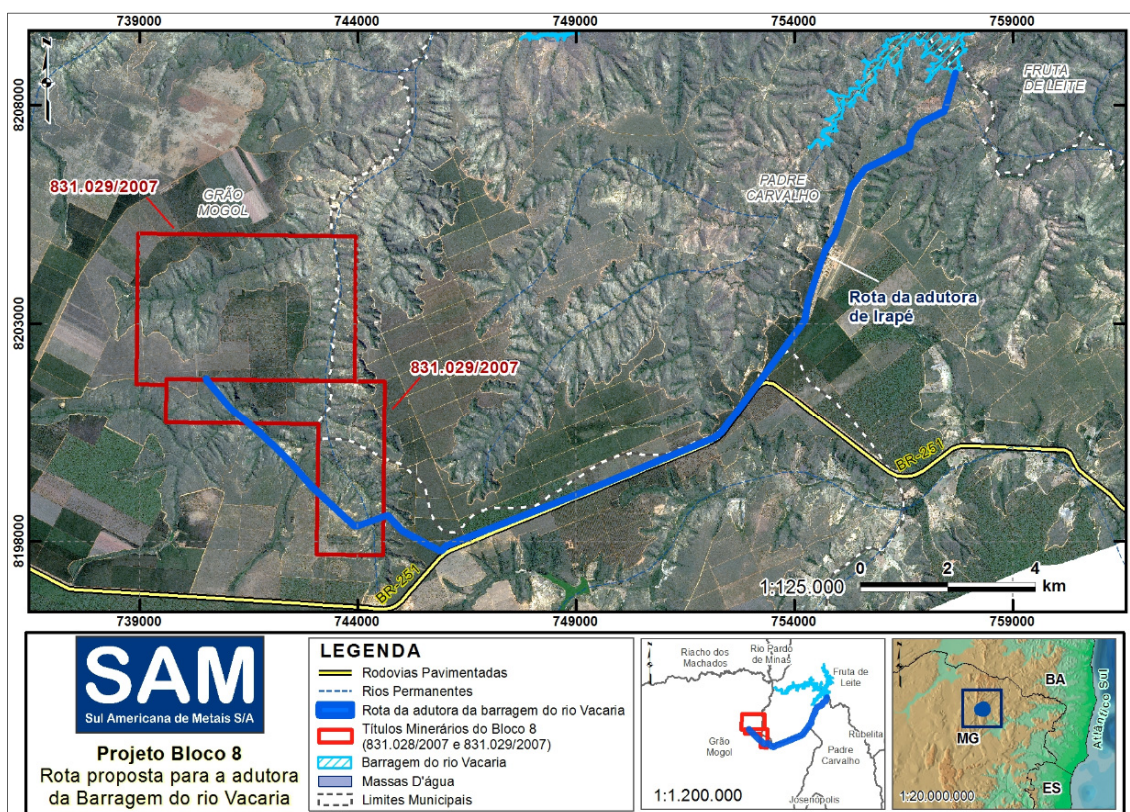
De modo similar à adutora de Irapé, as instalações de captação e adução no futuro reservatório da barragem do rio Vacaria serão projetadas para, no mínimo, 20 anos de vida útil, operando 365 dias por ano e 24 horas por dia.

A adutora, se comparada à adutora de Irapé, vencerá uma distância menor de, aproximadamente, 24,4 km de extensão. A rota atravessará os municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho.

O ponto de captação estará nas coordenadas 757.880E / 8.208.845N e o ponto de chegada nas coordenadas 740.535E / 8.201.733N. O traçado previsto pode ser visto na Figura 4.3.2-24.

Em relação à variação de nível, tem-se que a adutora partirá da cota 600 m, subirá rapidamente ao sair do vale do rio Vacaria, chegando na usina na cota 930 m, onde se situará o reservatório elevado de água bruta. Em comparação com a adutora de Irapé, o desnível a vencer será 100 metros menor.

FIGURA 4.3.2-24 - Traçado proposto para a adutora da barragem do rio Vacaria



O traçado da adutora já foi alvo de mapeamento geológico e sondagem a trado, desenvolvido também para minimizar o impacto ambiental e a interferência em áreas de preservação permanente.

Em relação aos materiais e métodos construtivos, estes serão similares à adutora de Irapé, conforme configuração apresentada na Figura 4.3.2-23.

Captação da água

Na tubulação de descarga de fundo da barragem do rio Vacaria será instalada a estação de bombas com capacidade de bombeamento contínuo de 6.200 m³/h para atendimento da usina de tratamento de minério do Projeto Bloco 8. No ponto de captação, serão duas bombas operacionais em paralelo e uma reserva ligadas à adutora de 1.100 mm (44 polegadas) de diâmetro.

O vertedor de fundo consistirá na sucessão construtiva do desvio de fundo feito no início da construção da barragem, que é imprescindível dada a alta vazão do rio Vacaria na época de chuvas. Após o término da construção do vertedor de superfície, o canal de fundo será restringido e ligado a uma tomada d'água tipo tulipa. O vertedor de superfície da barragem é um dispositivo de segurança capaz de escoar a cheia máxima de projeto, garantindo assim que a barragem não seja galgada pela cheia. O vertedor de fundo da barragem tem capacidade para atender à vazão residual e à vazão aduzida simultaneamente.

4.3.2.11 - Núcleo de Apoio Administrativo

O núcleo de apoio administrativo e as unidades de apoio operacional serão complementares e compostas por prédios que abrigarão, prioritariamente, atividades humanas cujas funções serão essenciais à atividade industrial.

Importante ressaltar que todas as atividades de apoio serão típicas, conhecidas e associadas a um projeto de mineração de grande porte, similar a tantos outros que já operam em Minas Gerais e em outros estados brasileiros. Assim, as descrições apresentadas são balizadoras do presente estudo, devendo, mais adiante, ser detalhadas no projeto de engenharia básica e apresentadas na fase de Licença de Instalação (LI). Trata-se de um amadurecimento normal e típico de um processo de licenciamento ambiental trifásico, onde são necessárias e imprescindíveis discussões técnicas e atendimento de demandas técnicas e condicionantes.

Como parte integrante das instalações do núcleo de apoio administrativo tem-se as seguintes edificações e respectivas áreas de ocupação preliminares:

- Portaria Social / Estacionamento para Visitantes e Funcionários: 7.000 m²;
- Portaria de Carga / Balança / Estacionamento de Carretas: 6.480 m²;
- Estacionamento de Ônibus da Administração (10 vagas): 1.735 m²;
- Estacionamento de Veículos Leves (54 vagas): 2.385 m²;
- Centro de Apoio ao Caminhoneiro: 700 m²;
- Centro de Treinamento / Auditório: 325 m²;
- Cozinha Central: 460 m²;
- Refeitório Central: 370 m²;
- Escritórios: 650 m²;
- Área de Lazer Administração: 3.000 m²;
- Vestiários: 4.000 m².

- Ambulatório Principal: 150 m²;
- Ambulatório da Mina: 1.065 m²;
- Almoxarifado Administrativo: 290 m²;
- Heliponto: 625 m².

Em linhas gerais, as edificações serão projetadas para ter pé direito de 3 metros, utilizarão materiais e sistemas de construção adequados em termos de uso da edificação, clima da região e custos, levando-se em consideração os aspectos normativos vigentes. No dimensionamento espacial das edificações serão trabalhados eixos modulares compatibilizadores dos elementos de construção, visando a melhor racionalização do projeto. Também atenderão as normas de acessibilidade através de rampas de acesso, estacionamentos demarcados e sanitários para portadores de necessidades especiais (PNE).

4.3.2.11.1 - Portarias e Estacionamentos

Basicamente, o acesso será realizado por uma portaria social e outra de carga, ambas dotadas de estacionamentos, para visitantes e funcionários e carretas / caminhões, respectivamente.

A portaria social, incluindo o estacionamento para visitantes e funcionários, ocupará uma área de, aproximadamente, 7.000 m². Já a portaria de carga, com a área da balança e estacionamento de carretas e caminhões, uma área com cerca de 6.480 m².

4.3.2.11.2 - Centro de Apoio ao Caminhoneiro / Centro de Treinamento / Auditório / Área de Lazer

Estas estruturas permitirão o suporte para os motoristas envolvidos nas atividades de carga e descarga de insumos e produtos, treinamento de funcionários e convidados / visitantes e realização de eventos, bem como de convivência entre os funcionários

O centro de apoio ao caminhoneiro ocupará uma área de 700 m², o centro de treinamento / auditório de 325 m². A área de lazer da administração terá cerca de 3.000 m², incluindo local para descanso e lazer para os funcionários.

4.3.2.11.3 - Vestiários

O critério mínimo de projeto para o dimensionamento do vestiário será o de 1 m² por usuário. Serão considerados os percentuais de usuários masculinos e usuários femininos para a distribuição dos aparelhos nas instalações sanitárias. Nos sanitários e vestiários, os vasos, lavatórios e chuveiros serão dimensionados conforme legislação vigente. Serão consideradas 3 turmas, até 1.200 empregados no total. Em termos de área, foi prevista uma estrutura com cerca de 4.000 m².

Os efluentes líquidos sanitários gerados nos vestiários serão encaminhados para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

4.3.2.11.4 - Cozinha / Refeitório Central

A cozinha será dimensionada em, aproximadamente, 35% da área do salão do refeitório. Para a cozinha será considerado, no mínimo, 0,75 m² por número de refeições por ciclo. Haverá uma cozinha central, junto ao refeitório central. Além disto, estão previstos refeitórios junto à usina e à entrada da cava. Os salões de refeitório serão dimensionados considerando, no mínimo, 1,30 m² por usuário por ciclo de refeição, ou seja, será considerado o total de usuários no horário de pico do turno principal de refeições. Os efluentes líquidos gerados na cozinha e refeitório serão encaminhados para caixa de gordura e direcionados para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

4.3.2.11.5 - Ambulatórios

Os ambulatórios permitirão os atendimentos de primeiros socorros, contando com enfermaria, consultório médico, sala de atendimento, farmácia, sala de higienização, expurgo, sala de audiometria, e arquivo. Será um ambulatório principal com 150 m² e um ambulatório da mina com 1.065 m². Estas instalações possuirão ainda uma recepção, sanitários e depósito de material de limpeza. Os resíduos gerados no ambulatório serão acondicionados e destinados de maneira segregada, via Central de Materiais Descartáveis (CMD), para posterior destinação adequada.

4.3.2.11.6 - Heliponto

O heliponto ocupará uma área com, aproximadamente, 625 m² e será destinado exclusivamente às operações de aterrissagem e decolagem de helicópteros. Tanto o projeto, a implantação e a operação do heliponto serão submetidos à análise e autorização do Comando da Aeronáutica.

4.3.2.12 - Núcleo de Apoio Operacional

As instalações de apoio operacional terão critérios, materiais e sistemas construtivos específicos para cada tipo de edificação de acordo com suas necessidades, uso, especificidades e normas aplicáveis. Serão consideradas, dentre outras, questões relativas à segurança e controle ambiental, circulação de pessoas, fluxo de veículos, materiais e equipamentos

O dimensionamento e o *layout* destas serão definidos pelos projetos de engenharia básica. No presente documento são apresentados dimensionamentos preliminares, os quais serão confirmados na fase de licenciamento de instalação. No caso das instalações onde houver atividade humana de permanência prolongada serão devidamente previstos escritórios, sanitários, copas, salas de apoio, de reunião, depósitos etc., de acordo com a quantidade de pessoas prevista e as necessidades específicas de cada área. Nesses casos serão aplicados os mesmos critérios das instalações de apoio administrativo.

Em linhas gerais, as vedações serão de alvenaria em blocos de concreto aparente, interna e externamente. As coberturas serão de telhas galvanizadas apoiadas em estrutura metálica. Os forros serão de lajes de concreto mantidas aparentes. As esquadrias serão fixas, de aço e com vidro aramado. Os pisos, em geral, serão de alta resistência e conforme características específicas de cada edificação. As paredes entre transformadores e as áreas internas serão do tipo corta fogo, executadas com bloco de concreto preenchido com argamassa de cimento e areia.

Como parte integrante das instalações do núcleo de apoio operacional tem-se as seguintes edificações e respectivas áreas de ocupação preliminares:

- Oficina de Calderaria: 920 m²;
- Oficina de Veículos Pesados: 1.660 m²;
- Posto de Abastecimento e Lavagem de Veículos Leves: 2.000 m² e 02 tanques aéreos, com capacidade de 15.000 L cada, sendo 01 de óleo diesel e o outro de gasolina;
- Planta de Reagentes: 6.180 m²;
- Refeitório da Mina: 390 m²;
- Refeitório Planta I / Sala de Controle: 540 m²;
- Refeitório Planta II: 320 m²;
- Viveiro de Mudas: 5.270 m²;
- Escritório da Mina / Despacho de Carga / Auditório: 400 m²;
- Área de Lazer Mina: 1.040 m²;
- Oficina Central de Manutenção: 7.370 m²;
- Vestiário Masculino / Feminino - Mina: 1.515 m²;
- Brigada de Incêndio: 150 m².
- Estocagem de Diesel: 04 tanques de 300 m³ cada (abastecimento dos equipamentos de lavra) e 2 tanques de 300 m³ cada (abastecimento dos geradores de emergência);
- Galpão de Testemunhos: 675 m² em estrutura e cobertura metálica;
- Almoxarifado: 3.160 m²;
- Laboratório Físico Químico: 860 m²;
- Sala de Controle: 385 m²;
- Estacionamento de Ônibus da Mina: 630 m².

4.3.2.12.1 - Oficinas Central de Manutenção / Oficina de Calderaria / Oficina de Veículos Pesados

Na oficina central de manutenção serão desenvolvidas as atividades de manutenção mecânica, elétrica e eletrônica de equipamentos e máquinas utilizadas no Complexo Minerário. Esta oficina ocupará uma área de, aproximadamente, 7.370 m².

A oficina de caldeiraria, por sua vez, ocupará uma área com, aproximadamente, 920 m². Nela serão desenvolvidas atividades de manutenção, preparação, cortes e soldas de materiais metálicos.

Na oficina de veículos pesados existirá um escritório de apoio com dois pavimentos, ocupados por sala de supervisão de oficina elétrica; sala de supervisão de oficina mecânica, salas de reunião, oficina de equipamentos de carga; oficina de ar condicionado; ferramentaria; sala de planejamento de manutenção; sala de prestador de serviços; sala de tecnologia da informação; arquivo técnico, além de sanitários, copa e depósito de material de limpeza, que atenderão aos dois pavimentos. O escritório atenderá a, aproximadamente, 80 usuários e será localizado internamente à estrutura do galpão da oficina, compreendendo uma área de 570 m².

As áreas destas oficinas com possibilidade de geração de efluentes líquidos oleosos possuirão piso impermeabilizado em concreto e serão interligadas à Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).

Os resíduos sólidos gerados nas atividades de manutenção e caldearia serão direcionados para a Central de Materiais Descartáveis (CMD), para posterior destinação adequada.

4.3.2.12.2 - Estocagem de Diesel

O abastecimento dos equipamentos de lavra com óleo diesel se dará dentro da cava, próximo a uma das britagens primárias, sendo o combustível recebido por tubulação apropriada a partir do armazenamento existente no platô da usina. O local de abastecimento possuirá piso em concreto, com canaletas e direcionamento de eventuais efluentes para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO). O armazenamento do óleo diesel será realizado em 04 tanques de 300 m³ cada (com uma bacia de contenção para cada tanque). As bacias de contenção serão isoladas e providas de sistema de válvula de bloqueio (válvula esfera Ø 4") normalmente fechadas, conforme recomendação da ABNT, e que deverão ser acionadas manualmente para liberar as águas de chuva para as caixas coletoras de águas oleosas.

Todo sistema de tancagem e posto de abastecimento serão providos de hidrantes de água de combate a incêndio e de canhões (mínimo de dois opostos) de LGE (Líquido Gerador de Espuma).

Também serão implantados outros 02 tanques de 300 m³ cada, para armazenamento de óleo diesel para abastecimento de grupos geradores de emergência, os quais entrarão em operação em momentos de falta de energia elétrica. Os geradores suprirão apenas os equipamentos da usina de tratamento de minério que não podem parar, tais como espessadores e condicionadores.

O óleo diesel será recebido em carretas tanque provenientes das refinarias mais próximas. Posteriormente, serão descarregados nos tanques de 300 m³ da estocagem principal. O consumo estimado mensal é da ordem de 4.600 m³/mês.

As áreas de abastecimento e suas estruturas complementares serão atendidas por um conjunto de extintores, em carrinhos e manuais, adequados e distribuídos de forma a atender a todas as exigências de segurança. Os tanques terão proteção contra incêndio através de inserção interna com espuma e combate externo por canhões e hidrantes.

Todos os projetos serão detalhados na fase de engenharia básica, observando-se, na íntegra, a Resolução 12/07 da Agência Nacional do Petróleo (ANP), que regulamenta a operação das instalações de pontos de abastecimento, assim como a Deliberação Normativa 108/2007 do COPAM (*altera a DN COPAM 50/01, que estabelece os procedimentos para o licenciamento de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis*) e a Resolução CONAMA 273/2000 (*estabelece diretrizes para licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição*) e suas alterações, Resoluções CONAMA 276/01 e 319/02.

4.3.2.12.3 - Posto de Abastecimento e Lavagem de Veículos Leves

Consistirá em uma edificação de 2.000 m², em superestrutura metálica, cobertura e fechamento lateral em telha metálica. Parte da edificação possuirá vedação com blocos de concreto aparente, revestidos em pintura, além das portas e portões de acesso em aço galvanizado.

A área de abastecimento possuirá piso em concreto com canaleta para direcionamento de eventuais efluentes para a Estação de Tratamento de Efluentes Industriais e Oleosos (ETEO). Possuirá área delimitada para recebimento e descarga de combustível e 02 tanques aéreos, com capacidade de 15.000 L, sendo 01 de óleo diesel e o outro de gasolina, ambos dotados de bacia de contenção para eventuais vazamentos / derramamentos.

A área de lavagem de veículos também possuirá interligação com a ETEO, piso em concreto e canaleta para direcionamento dos efluentes.

Os resíduos sólidos gerados no abastecimento e na lavagem serão direcionados para a Central de Materiais Descartáveis (CMD).

A área de abastecimento e suas estruturas complementares serão atendidas por um conjunto de extintores, em carrinhos e manuais, adequados e distribuídos de forma a atender a todas as exigências de segurança. Os tanques terão proteção contra incêndio através de inserção interna com espuma e combate externo por canhões e hidrantes.

Da mesma forma, o projeto será detalhado na fase de engenharia básica, observando-se a Resolução 12/07 da Agência Nacional do Petróleo (ANP), a Deliberação Normativa 108/2007 do COPAM, a Resolução CONAMA 273/2000 e suas alterações, Resoluções CONAMA 276/01 e 319/02.

4.3.2.12.4 - Galpão de Testemunhos

Será uma edificação com 675m² em estrutura e cobertura metálica, vedação em alvenaria de blocos de concreto aparente, revestidos em pintura. Possuirá janelas em tela metálica e portões em chapa de aço. Dentro do galpão haverá um escritório de apoio para 02 usuários, além de sanitário masculino e feminino. Os efluentes sanitários serão encaminhados para uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

4.3.2.12.5 - Almoxarifado / Escritório / Área de Lazer

O almoxarifado ocupará uma área de 675 m². Será constituído em estrutura e cobertura metálicas e possuirá um escritório de apoio anexo, com área de aproximadamente 290 m².

O escritório terá vedação em alvenaria de blocos de concreto aparente, revestidos em pintura, além de esquadrias em aço galvanizado. O escritório terá uma sala com estações de trabalho; sala de reunião; depósito de gás; depósito geral; área de distribuição; área de requisição; apoios de copa, depósito de material de limpeza e instalações sanitárias. Os efluentes sanitários serão encaminhados para uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e os resíduos sólidos para um Depósito Intermediário de Resíduos (DIR) e para a Central de Materiais Descartáveis (CMD).

Também existirá uma área de lazer próxima à área de mina com cerca de 1.040 m² para utilização pelos funcionários nos períodos de descanso.

4.3.2.12.6 - Laboratório Físico Químico

Será uma edificação projetada para a realização de análises físico químicas. Possuirá escritórios de apoio, sala de reunião, sala de ensaios tecnológicos, meio ambiente, áreas de produção e áreas de apoio (vestiários, copa, depósito de material de limpeza). Terá apenas um pavimento e uma área aproximada de 860 m². Atenderá as normas de acessibilidade através de rampas de acesso e sanitários para portadores de necessidades especiais (P.N.E.). Os efluentes líquidos do laboratório serão direcionados para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO) e os resíduos sólidos para a Central de Materiais Descartáveis (CMD) do Complexo Minerário.

4.3.2.12.7 - Sala de Controle

Será uma edificação com um pavimento e área construída total de 385 m² para utilização por 20 funcionários. Possuirá *hall* e recepção, sala de controle propriamente dita, sala de equipamentos, sala de baterias, sala de ar condicionado, sala de reunião e áreas de apoio com copa, instalações sanitárias e depósito de material de limpeza. Atenderá as normas de acessibilidade através de rampas de acesso e sanitários para portadores de necessidades especiais (PNE).

4.3.2.12.8 - Brigada de Incêndio

A brigada de incêndio terá sala de plantão, sala de inspetor de segurança, depósito de equipamentos de segurança, oficina de equipamentos de segurança e áreas de apoio como copa, sanitários e depósito de material de limpeza (DML).

4.3.2.12.9 - Refeitórios

Na área operacional existirão 03 refeitórios, sendo:

- Refeitório mina: 390 m²;
- Refeitório planta I / sala de controle: 540 m²;

- Refeitório planta II / sala de controle: 320 m².

Os salões de refeitório serão dimensionados considerando, no mínimo, 1,30 m² por usuário por ciclo de refeição, ou seja, será considerado o total de usuários no horário de pico do turno principal de refeições. Os efluentes líquidos gerados nos refeitórios serão encaminhados para caixa de gordura e direcionados para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

4.3.2.12.10 - Vestiário

Na área operacional, mais próximo da área de mina, será implantado um vestiário, em uma área com cerca de 1.500 m².

Da mesma forma que para o vestiário da área administrativa, serão considerados os percentuais de usuários masculinos e usuários femininos para a distribuição dos aparelhos nas instalações sanitárias. Nos sanitários e vestiários, os vasos, lavatórios e chuveiros serão dimensionados conforme legislação vigente.

Os efluentes líquidos sanitários gerados nos vestiários serão encaminhados para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

4.3.2.12.11 - Estacionamento de Ônibus

Também haverá uma área para o estacionamento dos ônibus utilizados para o transporte dos funcionários da área operacional. Este estacionamento ocupará uma área de, aproximadamente, 630 m².

4.3.2.12.12 - Subestações Elétricas

As subestações elétricas (principal e secundárias) abrigarão painéis e equipamentos elétricos e atenderão exigências específicas diferentes das demais instalações. Em geral as subestações elétricas terão tipologia construtiva em dois pavimentos com estrutura de concreto armado mantidas aparentes.

Em termos de área e capacidade, estas estruturas possuirão as seguintes características:

- 01 Subestação Principal: área: 35.410 m² e tensão de 345 kV;
- 07 Subestações Secundárias - 06 com área 1.177 m² (cada) e 01 com área de 1.352 m² e tensão de 34,5 kV.

4.3.2.13 - Instalações de Controle Ambiental

Neste item são apresentadas informações sobre as instalações de controle ambiental relacionadas com os tratamentos de água, esgoto e efluentes oleosos e gerenciamento de resíduos sólidos. Estas instalações serão implantadas na fase de obras e mantidas, com as devidas adequações e redimensionamentos, na fase de operação. Em termos de execução, estas estruturas integram aquelas fundamentais para o início das obras de implantação do projeto, sendo, portanto, umas das primeiras, ou seja, imediatamente após a obtenção da Licença de Instalação (LI).

4.3.2.13.1 - Estação de Tratamento de Água

A Estação de Tratamento de Água (ETA) terá a função de purificar a água bruta captada para torná-la própria para o consumo humano e assim utilizá-la para abastecimento do projeto.

A água bruta será proveniente de captação do reservatório da barragem de Irapé ou do rio Vacaria. Antes de sua distribuição para consumo humano, a água passará por tratamento em várias etapas, atendendo ao final do processo aos padrões de potabilidade exigidos legalmente e conforme as melhores práticas.

Estudo elaborado pela WALM Engenharia, denominado de Estudos Hidrológicos para Definição da Disponibilidade Hídrica Superficial a Fio d'Água para Fase de Implantação do Projeto Vale do Rio Pardo, elaborado em janeiro de 2014, demonstra haver vários locais possíveis para captação durante a fase de implantação. A definição entre as várias possibilidades será feita na fase de engenharia básica, quando será solicitada a outorga. A captação provisória e a ETA serão dentre as primeiras obras a serem implantadas, imediatamente após a obtenção da Licença de Instalação (LI).

A primeira etapa do tratamento será o gradeamento, que utilizará grades para deter impurezas maiores como vegetais sobrenadantes. Depois disso, a água seguirá para uma etapa de floculação quando, utilizando-se de agentes químicos (coagulantes), como o cal ou o sulfato de alumínio, sais de ferro III ou policloreto de alumínio (PAC), as partículas de sujeira se aglomerarão para, em seguida, decantarem no fundo de um tanque de decantação.

Após a decantação a água passará por uma etapa de filtração em filtros compostos por carvão, areia e brita. Em seguida, receberá aditivos químicos, como a cal hidratada, para correção da acidez. Por fim, será promovida a cloração, correção do PH e fluoretação.

Para dimensionamento preliminar da ETA, foram considerados os seguintes critérios. Há que se ressaltar que, na fase de engenharia básica, estes valores poderão ser ratificados ou revistos, com apresentação na fase de licenciamento de instalação.

- Consumo humano: 80 l/pessoa/dia;
- Restaurante / refeitório: 25 l/refeição/dia;
- Rega de jardins: 1,5 l/dia/m²;
- Vestiários: 40 l/pessoa/banho.

Sendo assim, calculou-se o consumo máximo para a etapa de obras:

- Consumo humano: 6.150 pessoas x 80 L/pessoa/dia = 492.000 L/dia (492 m³/dia);
- Restaurante / refeitório: 6.150 x 25 L/refeição/dia = 153.750 L/dia (154 m³/dia);
- Vestiários: 6150 pessoas x 40 L/pessoa/banho = 246.000 L/dia (246 m³/dia).

Desta forma, estimou-se um total de 891.750 L/dia (892 m³/dia), equivalentes a 37,0 m³/h. Foi adotada vazão de 40 m³/h para dimensionamento da ETA que será utilizada durante as obras.

Durante a operação, ou seja, ao longo da vida útil do projeto, o número de pessoas será menor. Desta forma, a ETA utilizada durante as obras estará superdimensionada, o que permitirá à mesma operar menos no dia. Nesta época será necessário, em média, menos de 20 m³/h. A ETA a ser fornecida deverá ser adequada à água bruta disponível, cujas características principais são fornecidas no Quadro 4.3.2-25 e serão confirmadas por época do pedido de propostas de fornecimento.

QUADRO 4.3.2-25 - Características principais na qualidade da água.

Qualidade da água bruta		
pH		6,2 a 8,8
Condutividade	S/cm	23 a 86
Turbidez	NTU	1 a 25
Nitratos	mg NO ₃ /l	<0,75
Nitritos	mg NO ₂ /l	<0,02
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /l	7 a 10
DBO	mg O ₂ /l	<50
DQO	mg O ₂ /l	<150
Óleos e graxas	mg/l	<1
Fenóis	mg/l	<0,001
Sólidos totais dissolvidos	mg/l	<65
Sólidos suspensos totais	mg/l	<45
Sólidos totais	mg/l	<110
Sulfatos	mg/l	<6
Estreptococos fecais	UFC/100ml	Ausente
Coliformes totais	UFC/100ml	<180
Coliformes fecais	UFC/100ml	<30

Fonte: SAM, 2018.

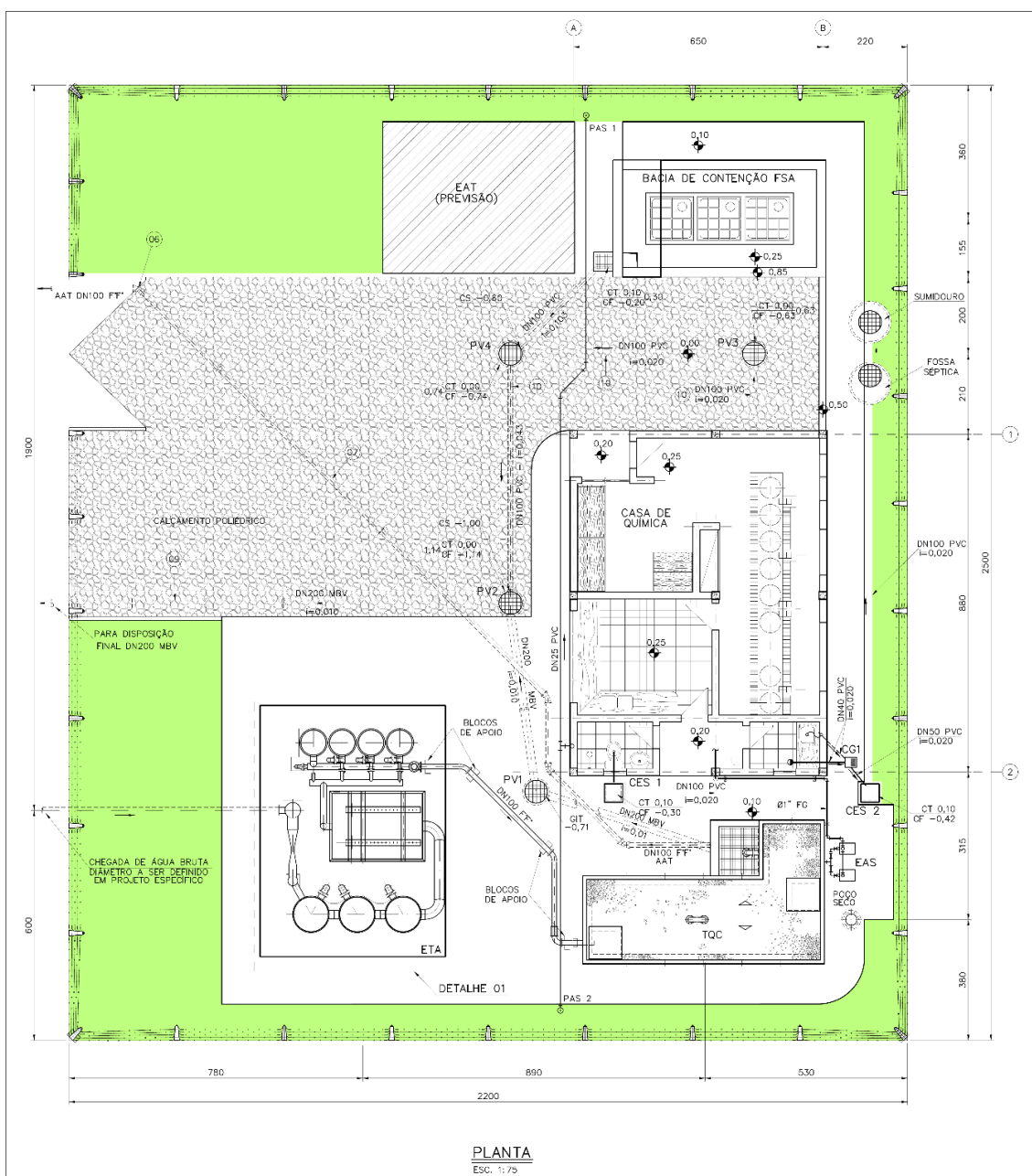
Em linhas gerais, ainda que preliminarmente dimensionada, a ETA será composta por:

- Bombas de alimentação;
- Calha *Parshall*;
- Tanque de mistura rápida dotado de agitador com variador de frequência;
- Casa de química, incluindo: 1 tanque diário de sulfato de alumínio, em polipropileno, dotado de sonda de nível; 1 tanque diário de cal hidratada, em polipropileno, dotado de sonda de nível; 1 cilindro de cloro de 50 kg de carga; 1 tanque diário de flúor de 1 m³, em polipropileno, dotado de sonda de nível;
- 4 bombas dosadoras dotadas de variadores de frequência, com suas respectivas reservas;
- 1 painel elétrico.
- Controle automático de pH *online* para manter as condições ideais de floculação;
- Floculador mecânico primário, acionado por meio de motor com variador de velocidades e redutor, diretamente acoplados, com seções circulares;
- Floculador mecânico secundário, acionado por meio de motor com variador de velocidades e redutor, diretamente acoplados, com seções circulares;
- Decantador de escoamento horizontal dotado de módulos tubulares;

- Filtro horizontal de camada dupla;
- Tanque de contato;
- Turbidímetro *online* para monitoramento da turbidez do efluente;
- Sistema de adensamento de lodo composto por tanque pulmão, duas bombas de lodo (uma operacional e uma reserva), adensador de lodo dotado de raspador de lodo mecanizado, duas bombas de lodo adensado (tipo deslocamento positivo) e uma centrífuga de lodo.

Será disponibilizada uma área com, aproximadamente, 375 m² (0,0375 ha) para a implantação da ETA.

Na Figura 4.3.2-25 apresenta-se arranjo típico de uma ETA.

FIGURA 4.3.2-25 - Layout típico de uma ETA

Fonte: SAM, 2018.

4.3.2.13.2 - Estações de Tratamento de Esgotos

Serão implantados sistemas de tratamento de esgotos para atender as fases de obras e de operação, compostos por rede de coleta e Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).

As ETE receberão todas as contribuições geradas nas instalações sanitárias, vestiários e refeitórios do projeto. Elas receberão as cargas poluentes de esgoto e devolverão efluente tratado a ser reutilizado internamente ou lançados na barragem de rejeitos 2, logicamente, de acordo com os padrões estabelecidos na legislação vigente, com destaque para a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG 01/2008 (*que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*) e Resolução CONAMA 430/11 (Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA).

De um modo geral, uma vez que os detalhes serão apresentados na fase de licenciamento de instalação, as ETEs serão constituídas, basicamente, por:

- Gradeamento: etapa inicial onde resíduos sólidos maiores (gradeamento grosso), e resíduos sólidos menores (gradeamento fino), serão fisicamente retidos por meio de barreiras no sistema;
- Desarenação: neste momento, a areia em suspensão no esgoto irá para o fundo do tanque, enquanto os materiais orgânicos ficarão nas camadas superiores;
- Decantador primário: primeira etapa de decantação onde o material orgânico sólido será misturado e sedimentado no fundo, formando-se o lodo;
- Peneira rotativa: depois da formação do lodo por decantação, um processo de centrifugação separará a fase sólida da mistura em uma espécie de peneira, permitindo que o líquido seja armazenado em tanques;
- Digestão anaeróbia: nesta fase o objetivo será a estabilização da mistura por meio de processos químicos que atuarão no lodo remanescente, neutralizando bactérias e gases nocivos;
- Tanque de aeração: através de um processo químico específico, os resíduos orgânicos serão transformados em gás carbônico, fazendo com que a matéria ali contida sirva de alimento para microrganismos que ajudarão na decomposição de resíduos;
- Decantador secundário: mais uma fase de decantação, onde a matéria sólida no lodo será reduzida;
- Adensamento do lodo: o lodo será filtrado aqui, para que se retire mais uma parte da matéria sólida da mistura;
- Condicionamento do lodo: o lodo será coagulado e desidratado, deixando apenas a parte sólida do composto para trás.

Na fase de implantação, estão previstos 6.150 usuários. Para este contingente, e as correspondentes refeições, será implantada uma ETE do tipo Compacta Modulada.

Para dimensionamento preliminar das ETE, foi considerada uma geração de 125L/dia por usuário, sendo 25L/refeição/dia. Na fase de engenharia básica, estes valores poderão ser ratificados ou revistos, com apresentação na fase de licenciamento de instalação. Desta forma, a expectativa é a de que seja implantada uma única ETE com capacidade de 770 m³/dia (~ 32 m³/h).

Os alojamentos, caso estudos na engenharia básica confirmem sua construção, também serão providos de ETE com as mesmas características e dimensionamento correspondente ao número de pessoas que vierem a ser alojadas.

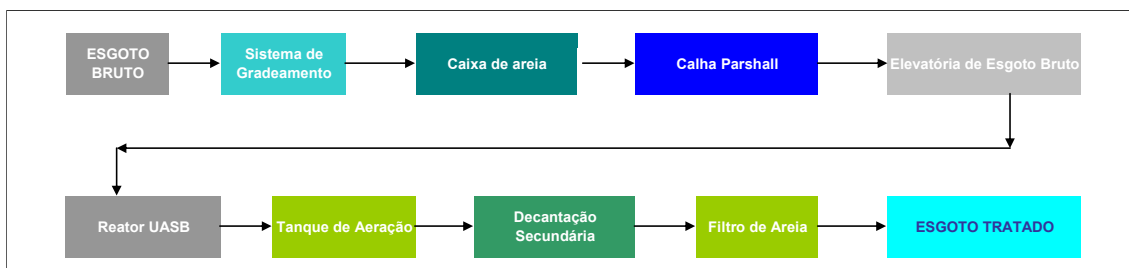
Na fase operacional, estão previstas 04 ETE:

- ETE 1: atenderá à região dos escritórios, vestiário, escritório, cozinha, refeitório e instalações auxiliares próximas. O efetivo abrangido por este sistema será de 600 pessoas. Portanto, será uma ETE com capacidade de 75 m³/dia (~ 3,2 m³/h);
- ETE 2: atenderá ao vestiário e refeitório I da usina e instalações adjacentes. O efetivo abrangido será de 600 pessoas, distribuídas em três turnos. Portanto, será uma ETE também com capacidade de 75 m³/dia (~ 3,2 m³/h);
- ETE 3: atenderá ao refeitório II da usina e instalações adjacentes. O efetivo abrangido será de 600 pessoas, distribuídas em três turnos. Portanto, da mesma forma, será uma ETE também com capacidade de 75 m³/dia (~ 3,2 m³/h);
- ETE 4: atenderá à oficina, vestiários da mina, escritórios da mina e instalações adjacentes. O efetivo atendido será de 300 pessoas. Portanto, será uma ETE com capacidade de 37,5 m³/dia (~1,6 m³/h).

Para cada uma destas ETE serão disponibilizadas áreas com, aproximadamente, 162 m² (0,016 ha).

A Figura 4.3.2-26 apresenta um diagrama esquemático do funcionamento das ETE.

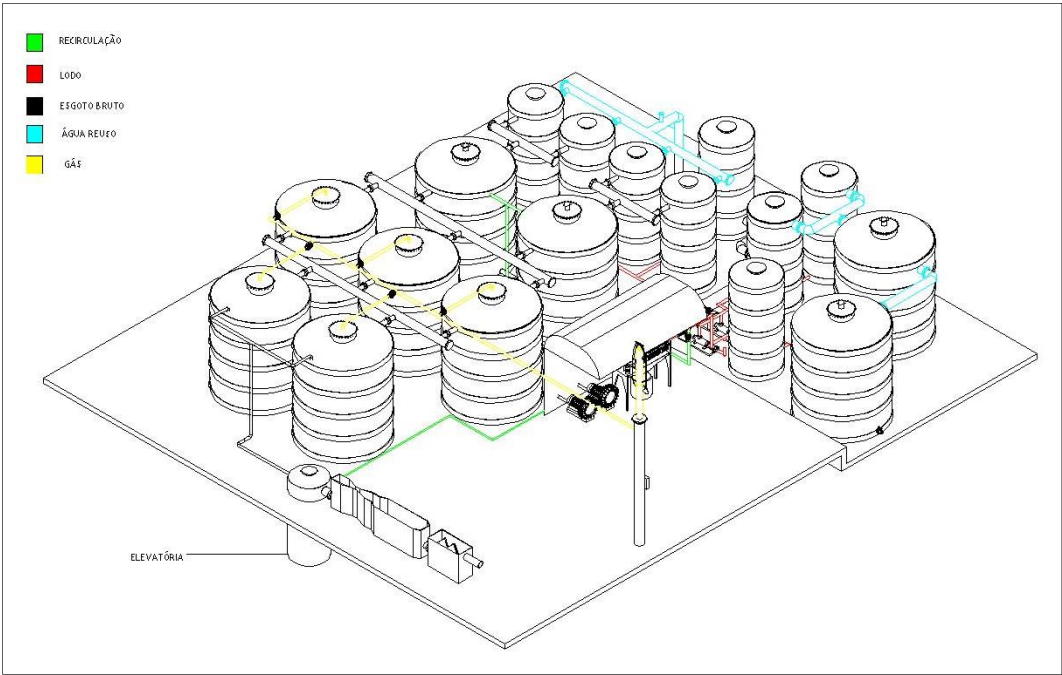
FIGURA 4.3.2-26 - Diagrama das Estações de Tratamento de Esgoto



Fonte: SAM, 2018.

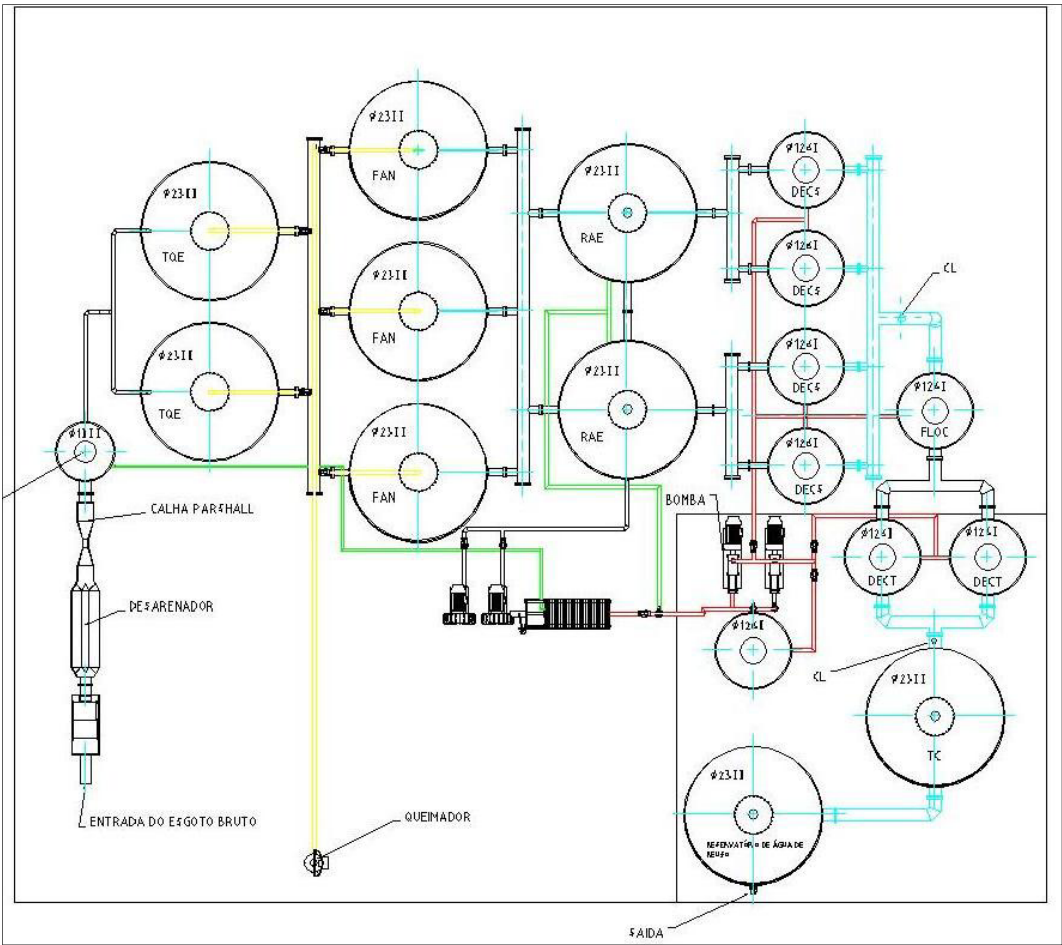
Nas Figuras 4.3.2-27 e 4.3.2-28 são apresentados desenhos ilustrativos da ETE.

FIGURA 4.3.2-27 - Vista em perspectiva da ETE



Fonte: SAM, 2018.

FIGURA 4.3.2-28 - Planta ilustrativa da ETE



Fonte: SAM, 2018.

4.3.2.13.3 - Sistema de Drenagem Tratamento de Efluente Oleoso

O sistema de coleta da drenagem pluvial será rigorosamente segregado em relação ao sistema de coleta da drenagem oleosa, especialmente para evitar que a contribuição pluvial cause o superdimensionamento ou a inoperabilidade da Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).

As águas recuperadas e tratadas na ETEO somente poderão ser descartadas no sistema de drenagem pluvial após devidamente comprovadas sua descontaminação e atendimento das exigências ambientais.

As áreas com piso impermeabilizado das áreas de manutenção, lavagem, abastecimento de combustível, troca e armazenamento de óleos terão recolhimento de toda a água de lavagem de piso e toda água de chuva das áreas descobertas, por canaletas, que encaminharão esta água para caixas coletoras de onde serão bombeadas para a ETEO. As caixas coletoras de águas oleosas das outras áreas terão este efluente coletado por veículo específico que o transportará para a ETEO.

Estas caixas coletoras de águas oleosas terão uma capacidade de retenção de águas de chuvas de áreas concretadas descobertas durante 15 minutos de chuva com intensidade de 100 mm (recorrência 25 anos - tempo 15 minutos). Este tempo de 15 minutos é considerado como aquele suficiente para lavar todo o óleo/graxa existente, nestes pisos.

As caixas coletoras possuirão chicanas para reter o óleo e após a retenção de 15 minutos enviará o excesso de água para o sistema de águas pluviais. Após o término da chuva o óleo retido é encaminhado para a ETEO da Lavagem de Pesados.

A ETEO será um sistema completo de tratamento de águas oleosas para atender aos requisitos normativos existentes, com destaque para a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG 01/2008 (*que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*) e Resolução CONAMA 430/11 (Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA). Há que se ressaltar que a água tratada será armazenada em tanque de armazenagem, podendo vir a ser reutilizada no próprio Complexo Minerário. Estas definições serão feitas quando da etapa do processo de licenciamento de instalação. Em caso de descarte, o efluente tratado será lançado na barragem de rejeitos 2.

Em linhas gerais, a ETEO será composta por, no mínimo: caixa separadora de materiais particulados, separador de água e óleo (SÃO), floculação, centrífuga, filtragem e armazenagem de água tratada.

Todos os tipos de óleos usados recolhidos, assim como lodos do processo de tratamento serão devidamente acondicionados e encaminhados para a Central de Materiais Descartáveis (CMD).

4.3.2.13.4 - Sistema de Gerenciamento de Resíduos

O sistema de gerenciamento de resíduos para o Projeto Bloco 8 será composto por Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR) e Central de Materiais Descartáveis (CMD).

A destinação dos resíduos sólidos gerados durante a implantação e operação será realizada em conformidade com as Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos (Leis 12305/2010 e 18.031/2009, respectivamente), a partir do estabelecimento de ações de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.

Como premissa básica, todos os resíduos sólidos gerados serão coletados nas fontes de geração e separados em recicláveis e não recicláveis, levando-se em consideração a infraestrutura existente na região e também aquela que será criada em função da implantação do empreendimento, visando uma correta destinação final.

Em linhas gerais, para o gerenciamento dos resíduos sólidos, serão implantados Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR) e uma Central de Materiais Descartáveis (CMD), desde a etapa inicial das obras. As estruturas implantadas serão utilizadas durante a fase de operação, com adequações técnicas e de dimensionamento que se fizerem necessárias

Os DIR serão pequenas edificações cobertas com 75 m², cobertura em telha metálica e fechamento em tela de aço galvanizado, localizados, de maneira estratégica, próximos aos canteiros de obras e frentes de trabalho. Internamente, estes depósitos serão divididos em baias para resíduos de diferentes categorias, tais como resíduos contaminados com óleo, graxa e tintas, assim como madeira, plástico, sucata metálica, resíduos inertes, materiais recicláveis e não recicláveis. Estes locais terão a finalidade de armazenar intermediariamente e temporariamente os resíduos gerados nas diversas áreas do empreendimento até o encaminhamento para a CMD.

A CMD, por sua vez, será composta por 04 galpões de 450 m², além de uma área descoberta, balança, escritório de apoio e portaria/guarita, ou seja, uma estrutura mais completa e com toda uma estrutura para o correto gerenciamento dos resíduos gerados. A CMD será implantada em uma área com, aproximadamente, 23.000 m² (2,3 ha), também no interior do Complexo Minerário.

Os galpões da CMD serão utilizados para o armazenamento de resíduos classe II (*inertes - IIB e não inertes - IIA, classificados conforme norma técnica ABNT NBR 10004*), resíduos recicláveis, materiais inservíveis e sucatas metálicas com maior valor agregado. Um dos galpões será utilizado, especificamente, para o armazenamento de resíduos classificados como perigosos (*classe I, conforme ABNT NBR 10004*), na forma de materiais inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos, tais como óleos e graxas, borras oleosas, tintas, vernizes e solventes, entre outros.

Já a área descoberta será ocupada por pátios de sucata e de manobra, os quais serão utilizados para o armazenamento de máquinas, equipamentos e veículos inservíveis.

Os galpões possuirão piso impermeabilizado, áreas para carga e descarga, baias para estocagem segregada de materiais a granel, assim como local para armazenamento de tambores e bombonas sobre *pallets*. Também serão implantadas canaletas internas para recolhimento de águas de lavagem, na forma de efluentes líquidos e eventuais vazamentos / derramamentos que venham a ocorrer no interior destes galpões. Os efluentes coletados nestas canaletas serão direcionados para caixas de contenção, até serem recolhidos para tratamento e destinação adequada, as quais poderão ser as Estações de Tratamento de Efluentes Sanitários (ETE), no caso de efluentes com características sanitárias (tipicamente, com características de efluentes domésticos) e/ou Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO), para efluentes com características industriais, ou até mesmo a destinação para tratamento em empresas especializadas.

Em linhas gerais, na CMD será realizado o acondicionamento dos resíduos em recipientes específicos, impermeáveis e resistentes à ruptura e vazamentos, com armazenamento temporário por grupo de resíduos compatíveis quimicamente. Em resumo, a CMD será utilizada para o armazenamento temporário dos resíduos gerados até viabilização do encaminhamento para destinação final.

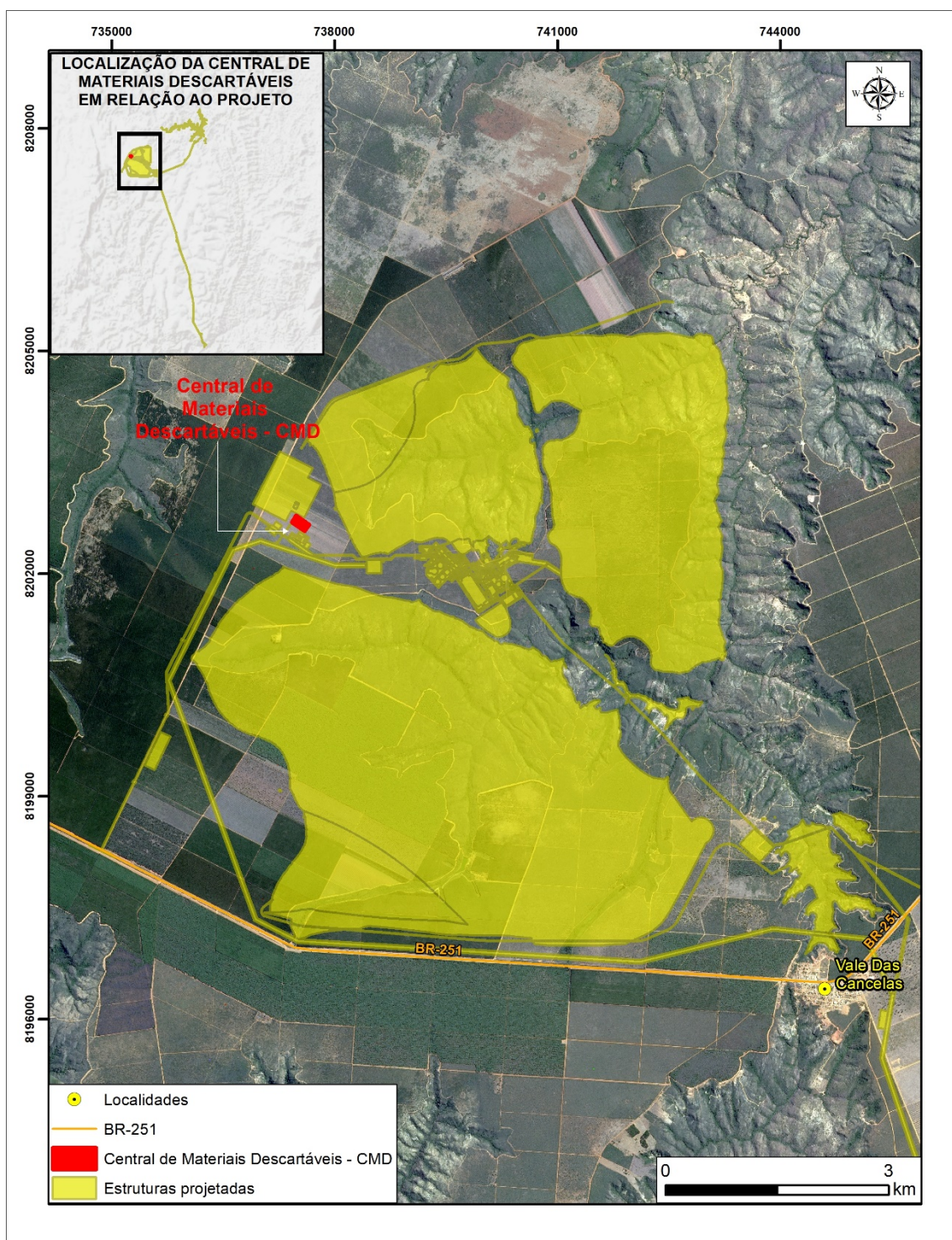
A destinação final poderá envolver desde o encaminhamento para empresas de tratamento, reciclagem, descontaminação, sucateiros intermediários, co-processamento e incineração, até a disposição final em aterros sanitários e industriais devidamente licenciados. Também poderão ser encaminhadas para entidades especializadas instaladas na região, em especial cooperativas e associações, mediante parcerias que poderão vir a ser firmadas e que poderão propiciar a geração de renda para a população local. A SAM está desenvolvendo um levantamento das empresas de coleta, tratamento e destinação de resíduos que atuam na região do projeto, assim como colaborará para a viabilização de um aterro sanitário de pequeno porte na região.

Conforme mencionado acima, a intenção da SAM é a de utilizar a CMD implantada na fase de obras também durante a operação, promovendo apenas os ajustes necessários à sua operação em escala adequada e contendo todas as instalações necessárias.

Visando assegurar a qualidade dos resíduos gerados e com isso potencializar suas reciclagens, os procedimentos de coleta, nas fontes de geração, serão baseados no estabelecimento da coleta seletiva e será priorizada a segregação, ao término de um dia de trabalho ou atividade operacional. A segregação dos resíduos será feita de acordo com as classificações dos resíduos e levará em consideração também a potencialidade de reutilização e reciclagem. Sempre que pertinente, serão utilizados os critérios de codificação por cores dos recipientes para coleta dos resíduos, conforme estabelecido na Resolução CONAMA Nº 275. Esta resolução estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

Em relação à capacidade de acondicionamento e tipos de recipiente, estes serão definidos na fase de licenciamento de instalação. Preliminarmente, serão utilizados recipientes de 20 L (para coleta em escritórios e áreas comuns), tambores e bombonas de 200 L e caçambas de 3 m³ para coleta nas áreas de obras, operacionais e do processo produtivo, oficinas, depósitos, vias de acesso e pátios. Funcionários devidamente capacitados ficarão responsáveis pela coleta periódica dos resíduos a serem gerados nas instalações do empreendimento e encaminhamento para os Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR) e Central de Materiais Descartáveis (CMD).

Na Figura 4.3.2-29 é apresentada a localização da CMD.

FIGURA 4.3.2-29 - Localização da Central de Materiais Descartáveis (CMD)

Fonte: BRANDT, 2018.

4.3.2.14 - Linha de Transmissão de Energia Elétrica

Neste item são sumarizadas as características gerais da linha de transmissão (LT) de 345 kV, que interligará a subestação da UHE Irapé à subestação na usina de tratamento de minério do Projeto Bloco 8. Esta conexão já foi autorizada pela Portaria 289 do Ministério das Minas e Energia, de 21 de outubro de 2014.

A área que será utilizada para a implantação da LT tem como referências de localização o distrito Vale das Cancelas, às margens da BR-251, e a própria subestação da UHE Irapé, no município de Grão Mogol. A subestação da usina de tratamento de minério do Projeto Bloco 8 estará localizada a cerca de 7 km a NW do Vale das Cancelas. O eixo principal da LT seguirá, praticamente, paralelo ao traçado da adutora de Irapé, a qual foi definida com base em critérios que minimizam a distância e a movimentação de terra e, especialmente, evitam sempre que possível as interferências em áreas de preservação permanente (APP) e de vegetação nativa.

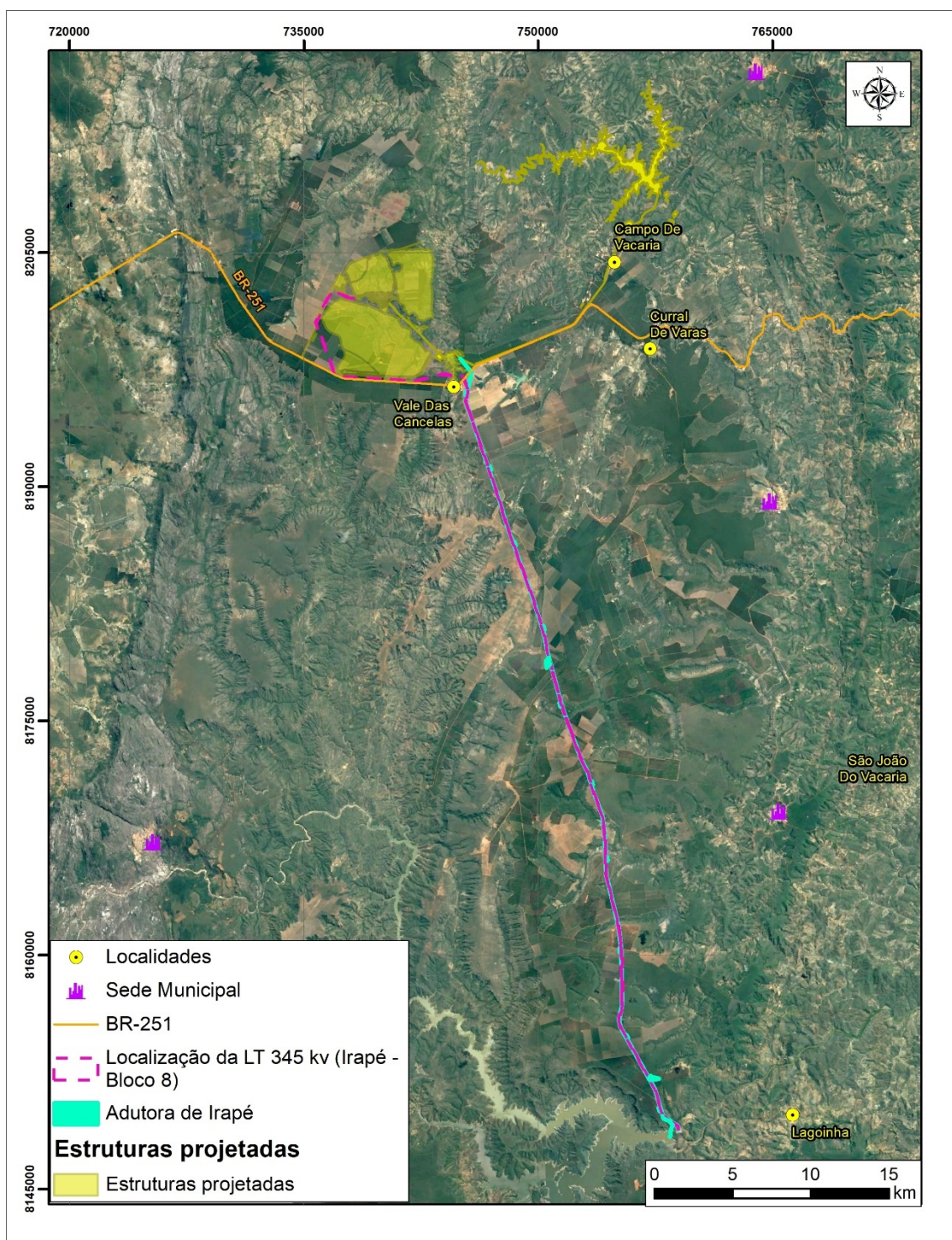
As características técnicas da LT são apresentadas no Quadro 4.3.2-26 e o traçado na Figura 4.3.2-30.

QUADRO 4.3.2-26 - Dados Técnicos da Linha de Transmissão.

Dados Técnicos	
Linha de Transmissão:	Irapé - SE Projeto Bloco 8 (SAM)
Tipo da instalação:	Rural
Tensão de operação:	345 kV
Estruturas (torres):	Treliçadas, autoportantes e estaiadas, de circuito simples
Cabo condutor:	2 x CAA 636 MCM GROSBEAK / fase
Cabo para-raios:	OPGW 14,4 mm 24 FO / CAA 176,9 MCM DOTTEREL
Isoladores:	Vidro temperado, engate concha-bola, classe 120 kN
Aterramento:	Fio de aço cobreado 4 AWG - disposição radial
Número de circuitos:	1
Número de cabos/fase:	2
Comprimento da LD:	Aproximadamente 67 km
Número de para-raios:	2
Largura da faixa de segurança:	50 m

Fonte: RS Engenharia, 2018.

FIGURA 4.3.2-30 - Traçado da LT 345 kv (Irapé - Bloco 8)



Fonte: BRANDT, 2018.

A seguir são apresentados os valores aproximados das deflexões dos vértices, bem como a extensão das tangentes para o caminhamento da LT 345 kv em estudo. Cabe mencionar que foram propostas duas variações no traçado do eixo principal, sendo uma no início da linha e outra no final.

QUADRO 4.3.2-27 - Pontos de Deflexão dos Vértices - Eixo Principal da LT

LT 345 kV Irapé - Projeto Bloco 8 / Eixo Principal				
Nº	UTM - X	UTM - Y	DIST. PARCIAL	PROGRESSIVA
SE IRAPÉ	759.003	8.148.889	157,08	0,00
V-1	759.002	8.149.046	1216,33	157,08
V-2	758.021	8.149.764	1766,11	1373,41
V-3	757.520	8.151.458	4553,85	3139,52
V-4	755.302	8.155.435	465,81	7693,37
V-5	755.231	8.155.896	988,82	8159,19
V-6	755.434	8.156.863	3449,95	9148,00
V-7	755.386	8.160.313	1637,04	12597,95
V-8	755.186	8.161.938	3374,34	14235,00
V-9	754.393	8.165.218	2484,7	17609,34
V-10	754.318	8.167.701	1308,17	20094,04
V-11	754.150	8.168.998	1728,68	21402,20
V-12	753.545	8.170.618	1210,89	23130,88
V-13	753.217	8.171.784	1038,46	24341,77
V-14	752.762	8.172.717	3415,98	25380,23
V-15	751.582	8.175.923	3603,29	28796,20
V-16	750.657	8.179.405	1228,09	32399,49
V-17	750.427	8.180.611	2144,76	33627,59
V-18	749.795	8.182.661	5401,43	35772,34
V-19	747.980	8.187.748	1696,7	41173,77
V-20	747.501	8.189.376	6488,68	42870,48
V-21	745.416	8.195.521	1836,1	49359,16
V-22	745.724	8.197.331	1906,45	51195,26
V-23	744.542	8.198.827	2601,82	53101,71
V-24	741.989	8.199.330	1685,46	55703,53
V-25	741.444	8.200.925	768,73	57388,99
V-26	740.867	8.201.433	681,73	58157,73
V-27	740.246	8.201.150	935,4	58839,45
V-28	739.504	8.201.720	1102,27	59774,85
V-29	738.512	8.202.200	150	60877,12
SE SAM	738.512	8.202.350	0	61027,12

Fonte: SAM, 2018.

QUADRO 4.3.2-28 - Pontos de Deflexão dos Vértices - Trecho Variante 1 da LT

LT 345 kV Irapé - Projeto Bloco 8 / Trecho variante 1				
Nº	UTM - X	UTM - Y	DIST. PARCIAL	PROGRESSIVA
V-1	759.002	8.149.046	176,26	0,00
V-1A	759.001	8.149.222	1068,27	176,26
V-2A	758.685	8.150.243	1208,88	1244,53
V-3A	757.680	8.150.915	0	2453,41

Fonte: SAM, 2018.

QUADRO 4.3.2-29 - Pontos de Deflexão dos Vértices - Trecho Variante 2 da LT.

LT 345 kV Irapé - Projeto Bloco 8 / Trecho variante 2				
Nº	UTM - X	UTM - Y	DIST. PARCIAL	PROGRESSIVA
V-22A	745.560	8.196.368	840,09	0,00
V-23A	745.206	8.197.130	1267,27	840,09
V-24A	743.946	8.197.263	3060,01	2107,36
V-25A	742.160	8.196.818	4615,43	5167,37
V-26A	737.553	8.197.097	640,41	9782,8
V-27A	736.982	8.197.388	3425,5	10423,21
V-28A	735.813	8.200.608	1959,98	13848,71
V-29A	736.678	8.202.366	387,32	15808,69
V-30A	737.045	8.202.489	1057,68	16196,01
V-31A	738.050	8.202.158	418,39	17253,69

Fonte: SAM, 2018.

Eixo principal

- A LT sairá da SE Irapé em paralelo com a LT 345 kV Irapé - Montes Claros. Os vértices V1 e V2 foram criados de forma a possibilitar o cruzamento sobre a LT existente e iniciar o paralelismo com o eixo projetado da adutora de Irapé, que também faz parte do Projeto Bloco 8;
- Entre os vértices V2 e V3, a LT segue em paralelo, pela direita da adutora. O paralelismo da linha com a adutora ocorre sempre que possível com distância de 25 metros entre eixos. Em alguns locais o paralelismo pode assumir outros valores e isto ocorre geralmente em locais onde a adutora apresenta tangentes pequenas e deflexões muito próximas umas das outras;
- Ainda entre os vértices V2 e V3 ocorre novo cruzamento sobre a LT 345 kV Irapé - Montes Claros existente. Neste trecho, a linha atravessará também a LT 230 kV Irapé - Janaúba 3 em projeto;
- Entre os vértices V3 e V4 a LT segue predominantemente à direita da adutora até as proximidades do vértice V4, onde ocorre o cruzamento com a adutora;
- A partir do vértice V4, a linha segue à esquerda da adutora até as proximidades do vértice V6, onde ocorre novo cruzamento e a linha volta a se posicionar do lado direito da adutora;
- Do vértice V6 até o vértice V8, a linha segue em paralelo pela direita com a adutora obedecendo a distância de paralelismo mínima de 25 metros;
- Nas proximidades do vértice V9 a linha cruza a adutora e segue à esquerda do eixo da tubulação até as proximidades do vértice V10, onde ocorre novo cruzamento e a linha volta a ter seu caminhamento à direita da adutora;
- A partir do vértice V10, a linha segue à direita da adutora até as proximidades do vértice V15 onde é previsto novo cruzamento para o lado esquerdo;
- A partir do vértice V15, a linha segue à esquerda da adutora até as proximidades do vértice V18 onde ocorre novo cruzamento para o lado direito;
- Do vértice V18 em diante, a linha segue em paralelo com a adutora pelo lado esquerdo até as proximidades do vértice V21, onde ocorre novo cruzamento. Neste trecho a linha atravessará duas vezes sobre LT 230 kV em projeto;

- A partir do vértice V21, já localizado próximo ao distrito Vale das Cancelas, a LT caminha à esquerda da adutora até o vértice V22, onde tem fim o paralelismo com a adutora;
- Entre os vértices V22 e V23, a LT atravessa a rodovia BR-251 e entra na ADA (área diretamente afetada) do Projeto Bloco 8. Ainda entre estes dois vértices é previsto um cruzamento com a adutora e mineroduto futuros;
- Os vértices V23 a V29 foram criados de acordo com as características topográficas da região. Além disso eles possibilitam um contorno a leste da barragem. Alguns desses vértices foram ainda posicionados de forma a evitar interferência com benfeitorias previstas no plano diretor do Projeto Bloco 8;
- O vértice V29 é o último vértice da linha e tem como finalidade direcionar a LT no sentido do *bay* de chegada da mesma na SE do projeto;
- Com esta configuração, a LT possui 61,03 km e 29 vértices.

Trechos variantes

A variante do início (variante 1), entre os vértices V1 e V3A, foi criada visando eliminar dois cruzamentos com a LT 345 kV existente. Tais cruzamentos podem ser de difícil aprovação junto à concessionária de energia elétrica (CEMIG).

A variante do final (variante 2), entre os vértices V22A e V31A, foi criada visando uma alternativa de chegada da LT no Projeto Bloco 8. Tal variante possibilita o contorno da área do Projeto Bloco 8 a sul / oeste. Esta variante tem a vantagem de estar localizada mais distante das benfeitorias do empreendimento e em região com características topográficas mais favoráveis à construção da linha, mas implica em aumento de cerca de 5 km na extensão final da instalação.

Considerando a adoção das variantes 1 e 2, a LT terá aproximadamente 67 quilômetros de extensão de uma ponta à outra. Em média, se considerada uma torre a cada 450 metros, haverá aproximadamente 150 torres ao longo do eixo principal e suas variantes. O formato das torres a serem utilizadas será objeto de avaliação na engenharia básica, devendo ser apresentado na fase de licenciamento de instalação.

Do ponto de vista ambiental, a LT atravessará área onde predomina o plantio de eucalipto. Nos locais onde existem cruzamentos com grotas e matas nativas, em virtude das características topográficas da região e da característica dos remanescentes de mata, em geral localizada nas partes mais baixas, será possível a preservação sem necessidade de supressão.

O traçado da linha acompanha o traçado da adutora na quase totalidade de sua extensão. Predominantemente os traçados caminham com distância de paralelismo de 25 metros. Em alguns trechos esta distância entre eixos aumenta, entretanto, nunca ultrapassando os limites estabelecidos. Na evolução do projeto, o qual será detalhado na engenharia básica, o eixo poderá vir a ser ajustado pontualmente.

4.3.2.15 - Barragem do Vale

A barragem do Vale consiste em um barramento independente para o atendimento da demanda hídrica da Comunidade Vale das Cancelas. Abaixo é apresentada a ficha técnica desta barragem.

QUADRO 4.3.2-30 - Ficha Técnica da Barragem do Vale

Barragem do Vale	
Estrutura	Dados
Elevação Crista (m)	860,00
Elevação Base (m)	795,00
Altura Máxima (m)	65,00
Largura de Crista (m)	10,00
Comprimento de Crista (m)	184,00
Taludes locais (H:V)	2,0 H : 1,0 V
Desnível máximo entre bermas (m)	10,00
Largura de bermas (m)	6,00
Taludes Globais Jusante (H:V)	2,6 H : 1,0 V
Área de Maciço (m²)	35.039,67
Volume total Maciço (m³)	700.000,00
Cota do nível d'água operacional (m)	858,00
Área de espelho d'água (m²)	86.549,87
Volume do Reservatório (m³) - Até a cota da soleira na El. 858,00 m	1.640.000,00
Vazão de Projeto Sistema Extravasor- TR 10.000 anos (m³/s)	5,2
Sobrelevação Máxima do Nível de Água (m)	859,0
Borda Livre Resultante (m)	1,00

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.15.1 - Maciço

A barragem do Vale será construída em uma única etapa, sendo o maciço homogêneo, constituído de estéril compactado. As principais características geométricas do maciço são: crista na El. 860,0 m, com 10,0 m de largura e 184,0 m de comprimento; altura máxima de 65,0 m; inclinação do talude de jusante de 2,6 H : 1,0 V com bermas de 6,0 m de largura.

4.3.2.15.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna

O sistema de drenagem superficial proposto para a barragem do Vale tem como objetivo coletar as águas provenientes do escoamento superficial incidente sobre o talude de jusante e áreas adjacentes e conduzi-las, de forma ordenada, até o talvegue natural a jusante do maciço, evitando o desenvolvimento de processos erosivos. O sistema proposto é constituído basicamente pelas seguintes estruturas:

- Canaletas de drenagem nas bermas, cuja função hidráulica será de conduzir os escoamentos superficiais provenientes da bancada da barragem até aos canais periféricos;
- Canais periféricos de coleta e condução de águas superficiais, tendo como objetivo coletar o escoamento proveniente das bermas e áreas adjacentes, descartando-os juntos as bacias de dissipação. Os canais periféricos serão instalados nas ombreiras esquerda e direita da barragem, e serão concebidos com perfil longitudinal em degraus onde a topografia possuir altas declividades, de forma a auxiliar na dissipação da energia do fluxo de água;

- Bacias de dissipação, previstas nas extremidades de jusante dos canais periféricos, com o objetivo de reduzir a energia do fluxo de água, evitando a ocorrência de processos erosivos.

O sistema de drenagem interna da barragem será composto por um filtro vertical em areia com espessura de 1,00 m, tapetes drenantes de ombreira em areia com espessura de 0,60 m e tapete central do tipo sanduíche com núcleo drenante em brita 0 com espessura de 0,50 m envolto por transição geotécnica em areia com camada de 0,30 m. O ponto de desague é constituído por um dreno de pé em enrocamento localizado na base do talvegue natural.

4.3.2.15.3 - Sistema Extravisor

O sistema extravisor da barragem do Vale foi concebido na ombreira direita do maciço, com a finalidade de conduzir, de forma ordenada, as vazões defluentes do reservatório, em épocas de cheias, até o talvegue natural, garantindo a segurança hidráulica da barragem. Esse sistema é composto pelos seguintes elementos:

- Canal de aproximação: concebido em concreto armado, com seção retangular, base com 3,0 m de largura, altura de 2,0 m e declividade longitudinal constante de 0,05%, tendo sua soleira na El. 858,00m;
- Canal do rápido (Descida de Água): concebido em concreto armado, com geometria retangular com base variando de 3,00 m a 2,00 m e 1,00 m de altura, tendo seu fundo constituído por degraus onde a topografia possuir altas declividades (superiores a 10%), de forma a auxiliar na dissipação de energia do fluxo de água;
- Bacia de dissipação: concebida em concreto armado, implantada na extremidade de jusante do rápido, visando minimizar a energia do fluxo de água e a ocorrência de processos erosivos no trecho de restituição ao talvegue natural. A mesma possui comprimento mínimo de 10,0 metros, largura de 2,0 m e altura de 2,00 m.

4.3.2.15.4 - Monitoramento

O plano de instrumentação visa permitir o controle e monitoramento dos fatos associados à estabilidade da barragem. O Quadro 4.3.2-31 apresenta uma síntese dos tipos e quantitativos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

QUADRO 4.3.2-31 - Tipos de instrumentos de monitoramento - Barragem do Vale.

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro	07	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de sub-pressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Indicador de Nível D'água (INA)	07	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	07	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.15.5 - Classificação - Portaria DNPM Nº 70.389/2017

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334, as barragens são classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

Após análise das características da barragem do Vale, a mesma foi classificada da seguinte forma.

QUADRO 4.3.2-32 - Resumo da Classificação da Barragem do Vale

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	8
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	8
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	16
Dano Potencial Associado (DPA)	9
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Médio
Classe	C

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.16 - Barragem do rio Vacaria

O volume útil do reservatório da barragem do rio Vacaria foi dimensionado para atender a vazão a ser captada para a SAM de 6.200 m³/h (valor compatível com a demanda mínima de água nova necessária ao empreendimento acrescido de um fator de 20%), a vazão de até 4.000 m³/h a ser disponibilizada para o Governo de Minas Gerais (usos múltiplos das populações locais) e a manutenção da vazão mínima residual legal de 50% Q_{7,10} de 401 m³/h, conforme estudos hidrológicos.

Considerando riscos de falha normalmente admitidos em projetos de barragem, o reservatório será capaz de regularizar as seguintes vazões:

- 11.264 m³/h (2,5% de risco de falha);
- 11.873 m³/h (com um risco de falha de 5%);
- 14.245 m³/h (10% de risco de falha).

O arranjo proposto prevê o nível d'água na cota 634 metros e a crista da barragem fixada na elevação 639 metros, com 8 m de largura. O maciço terá 40 metros de altura máxima, a ser construído em etapa única, constituído por um maciço de enrocamento com núcleo de argila e estruturas associadas de concreto armado. Os taludes de montante e jusante terão inclinação 1V:2H. Na região do leito do rio e das ombreiras, a barragem deverá ficar apoiada em rocha, procedendo-se à escavação de todo o material não rochoso existente.

O Quadro 4.3.2-33 sumariza as características técnicas da barragem do rio Vacaria.

QUADRO 4.3.2-33 - Síntese das Características Técnicas da Barragem do Rio Vacaria

Barragem do rio Vacaria	
Vazão Regularizada (m ³ /h)	14.245 (risco de falha 10%)
Elevação do nível d'água - NA normal (m)	634
Área Inundada no NA Normal (ha)	758
Capacidade de Acumulação (m ³)	80.775.000
Barragem	Enrocamento com núcleo de argila
Comprimento (m)	307,9
Altura (m)	40
Cota do Coroamento (m)	639
Volume do Maciço (m ³)	426.103
Vertedouro	Soleira Livre em Rocha
Largura (m)	65
Vazão de Projeto (m ³ /s)	884
Cota da Soleira do vertedouro (m)	634
Lâmina Máxima (m)	4
Tomada d'Água	Torre na Ombreira Direita
Aberturas	4
Adutora	Aço DN 1.000

Fonte: DAM, 2015.

Também foram consideradas para esta opção as questões ambientais, uma vez que aproveita melhor os materiais das escavações exigidas, minimizando ou até mesmo eliminando a necessidade de “bota-fora”. O material escavado que não for possível de se utilizar no maciço da barragem será depositado em área adjacente, dentro do próprio reservatório.

4.3.2.16.1 - Maciço

Seu maciço será construído em enrocamento com núcleo de argila.

4.3.2.16.2 - Sistema de Drenagem Superficial e Interna

A posição e a geometria do sistema de drenagem interna de cada maciço foram definidas, tendo as funções de:

- controlar e orientar a percolação, através da fundação e do aterro, otimizando a rede de percolação e evitando gradientes hidráulicos de saída excessivos;
- aumentar a resistência ao escorregamento do talude de montante, dissipando pressões neutras durante o período construtivo e, eventualmente, no rebaixamento do nível d'água;
- aumentar a resistência ao escorregamento do talude de jusante, reduzindo o trecho da superfície de ruptura submetida a forças de percolação e o trecho de material saturado;

- Os drenos e transições foram projetados para funcionar como filtro e evitar carregamento de partículas e, conseqüentemente, erosões internas regressivas.

4.3.2.16.3 - Sistema Extravasor

O extravasor previsto é do tipo canal retangular escavado em rocha, posicionado na ombreira esquerda. A soleira do vertedouro foi fixada na El. 634,00 m, com largura de 65 m e 4 m de lâmina d'água.

No final do vertedouro, a dissipação será natural, feita com um trecho horizontal de 20 m de comprimento, com fundo plano na El 598,00 m, para recuperação do nível.

O vertedouro foi dimensionado para a uma vazão de 1341 m³/s, correspondente à cheia decamilenar, amortecida no reservatório para 884 m³/s.

4.3.2.16.4 - Monitoramento

O monitoramento da barragem do rio Vacaria deverá ser realizado através de inspeções de campo e leituras frequentes dos instrumentos geotécnicos, composta piezômetros tipo Casagrande, indicadores de nível d'água e marcos superficiais. O plano de instrumentação será definido na fase de licenciamento de instalação.

O Quadro 4.3.2-34 apresenta uma síntese dos tipos de instrumentos a serem instalados na barragem e suas respectivas funções.

QUADRO 4.3.2-34 - Tipos de instrumentos de monitoramento - Barragem do Rio Vacaria

Instrumento	Quantidades	Localização	Função
Piezômetro	A definir	Fundação	Acompanhamento da evolução dos níveis de sub-pressões desenvolvidos ao longo da fundação.
Indicador de Nível D'água (INA)	A definir	Maciço	Monitoramento do nível da freática estabelecida no interior do maciço.
Marco Superficial	A definir	Maciço	Acompanhamento de recalques e deslocamentos horizontais da estrutura.

Fonte: WALM, 2018.

4.3.2.16.5 - Classificação - Portaria DNPM N° 70.389/2017

Conforme Artigo 7º da Lei Federal nº 12.334, as barragens são classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, com base nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

Após análise das características da barragem do rio Vacaria, a mesma foi classificada da seguinte forma.

QUADRO 4.3.2-35 - Resumo da Classificação da Barragem do Rio Vacaria

DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	
Características Técnicas (CT)	8
Estado de Conservação (EC)	0
Plano de Segurança de Barragens (PS)	0
Pontuação Total da Categoria de Risco (CRI)	8
Dano Potencial Associado (DPA)	22
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Alto
Classe	B

Fonte: WALM, 2018.

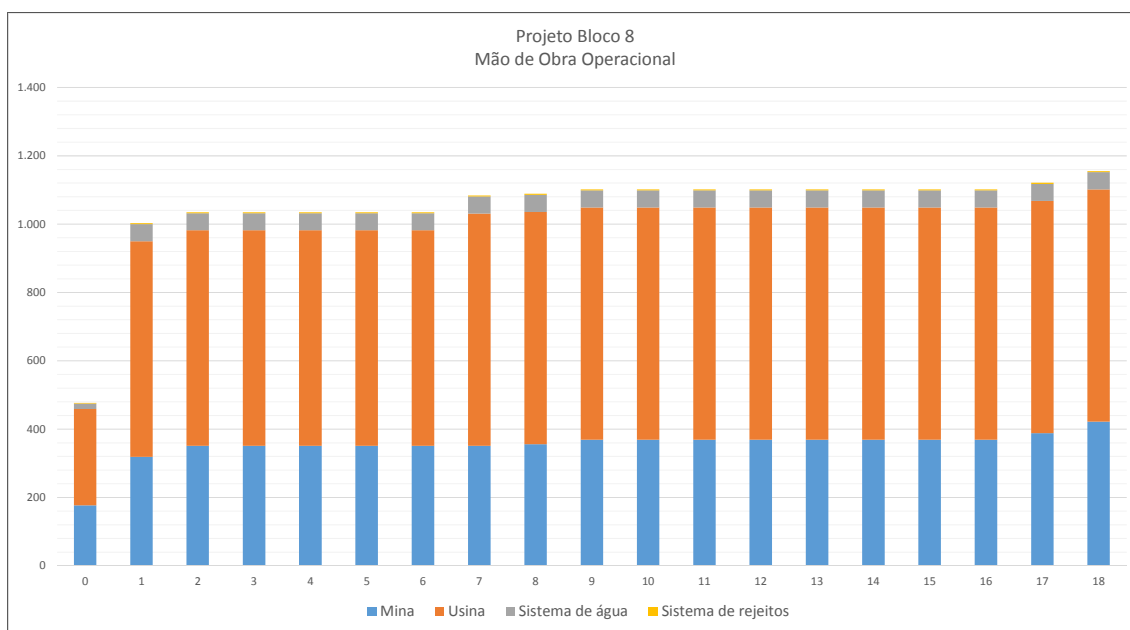
A Revisão Periódica de Segurança da barragem do rio Vacaria conforme classificação do Dano Potencial Associado (DPA) da estrutura (DPA Alto), se faz necessária a cada 3 anos ou em caso de ocorrência de alterações nas condições de contorno tais como: alteamento da barragem, assoreamento do reservatório, implantação de estrutura para fechamento, etc..

4.3.3 - Mão de Obra e Regime de Trabalho

Para a fase de operação do Complexo Minerário foi dimensionado um contingente necessário aos trabalhos de gerenciamento, planejamento, controle e manutenção, considerando um regime de 365 dias com 24 horas por dia. O efetivo total variará ao longo da vida útil da mina, estimando-se um máximo de, aproximadamente, 1.200 empregados diretos, composto por 2% de profissionais de nível superior, 35% nível médio / técnico e 63% nível básico, aproximadamente.

A barragem do rio Vacaria será operada à distância, sofrendo interferências eventuais, principalmente para manutenção do sistema de bombeamento, instrumentação e subestação elétrica, além de inspeção de segurança periódica.

A seguir é apresentado o histograma de mão de obra durante a operação.

FIGURA 4.3.3-1 - Histograma de mão de obra durante a operação

Regime de trabalho da mina

Está previsto que o regime de trabalho da mina seja de 365 dias por ano, com perda de 5 dias, devido ao clima ou motivos de força maior. A mina irá operar 24 horas por dia em turnos de 8 horas cada um. Em síntese:

- Dias trabalhados por ano: 365;
- Turnos por dia: 3;
- Horas por turno: 8;
- Horas programadas por dia: 24;
- Horas programadas por ano: 8.760;
- Número de equipes trabalhando em turno: 4.

Regime de trabalho da usina de tratamento de minério

A operação na usina de tratamento de minério será contínua, 24 horas por dia, ao longo dos 365 dias do ano, com paradas periódicas para manutenção. Estima-se que tais paradas representem 8% de tempo perdido, resultando numa expectativa de 8.059 h/ano de produção na usina de tratamento de minério. O regime de trabalho da usina de tratamento de minério será de 03 turnos fixos e 03 turmas, cada turno com 8 horas.

4.3.4 - Insumos e Utilidades

4.3.4.1 - Água

O consumo de água na usina de tratamento de minério será consequência dos seguintes fatores:

- características específicas do minério, particularmente sua mineralogia, seu teor e tamanho dos grãos;
- tecnologia utilizada;
- engenharia da usina.

Baseado na rota de processo desenvolvida ao longo de vários anos de esforço intensivo e informação técnica complementar, foram elaborados os fluxogramas de processo, que especificam as condições de operação industrial do empreendimento, seu balanço de massa, água e metalúrgico, bem como o dimensionamento dos principais equipamentos de concentração e manuseio da futura usina. Estes fluxogramas apresentam valores nominais, utilizados para efeito de balanço de massas médio da usina. Por outro lado, deve-se lembrar que operações de concentração mineral são sujeitas a grandes variações operacionais, em função da variabilidade natural do minério. Por isto, todos os dimensionamentos consideram fatores de projeto que correspondem a folgas usuais na indústria, previstas conforme a expectativa de variação, baseado em experiência de operações e projetos anteriores.

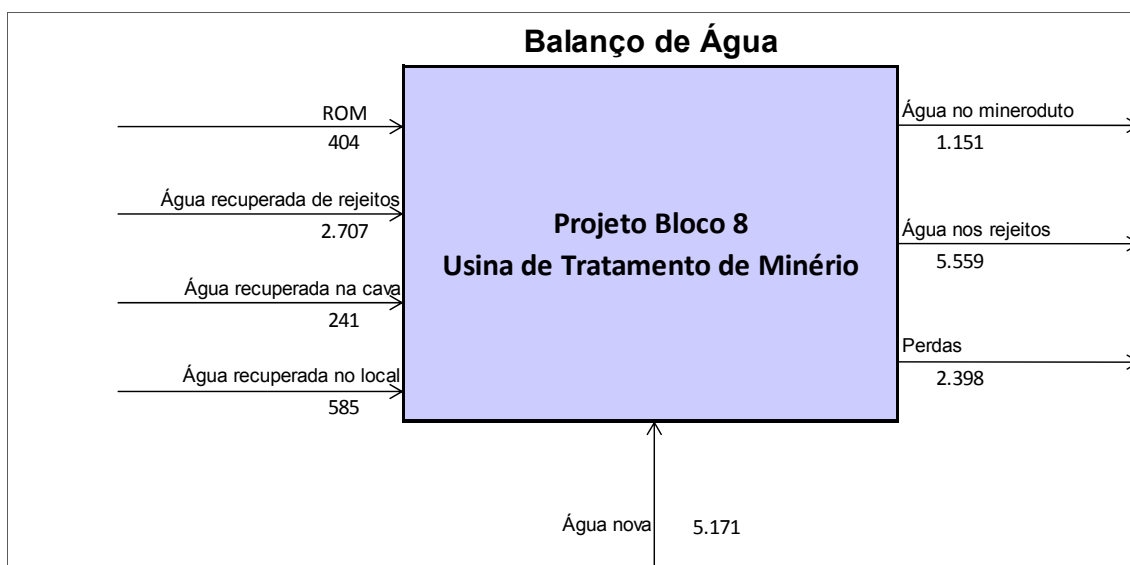
Em síntese, a usina beneficiará cerca de 105 milhões de toneladas de minério por ano (limitada a 120 Mtpa), com teor médio alimentado de cerca de 20% Fe.

A estimativa de consumo de água do empreendimento baseia-se no conjunto de entradas e saídas principais, conforme o seguinte:

- Entradas:
 - o água recebida sob a forma de umidade do minério ROM;
 - o água retida e recuperada nos reservatórios das barragens, nos poros dos rejeitos lançados;
 - o água retida e recuperada no fundo da cava (com variações em função da sazonalidade);
 - o água recuperada a partir dos drenos das barragens.
- Saídas:
 - o água que segue juntamente com o rejeito disposto nos reservatórios das barragens;
 - o perdas diversas, ou seja, evaporada e/ou que não retorna para o sistema (água de uso em utilidades, como por exemplo, água para aspersão de vias de trânsito, água para consumo humano, refrigeração, etc);
 - o água necessária para transporte por mineroduto: cerca de 1.200 m³/h nominais, podendo chegar a 1.800 m³/h em alguns momentos de maior oscilação.

O cálculo de consumo de água da usina demonstra ser necessária a adução de água nova a uma taxa nominal de 5.171 m³/h nominal, conforme síntese apresentada na Figura 4.3.4-1.

No Quadro 4.3.4-1 podem ser visualizadas as atividades consideradas para compor as “perdas e utilidades”, bem como a porcentagem recuperada em cada uma.

FIGURA 4.3.4-1 - Balanço de Água da Usina de Tratamento de Minério (m³/h)**QUADRO 4.3.4-1 - Perdas e Utilidades e Recuperação de Água**

Variáveis	Usos (m³/h)	Valor recuperado (%)	Perdas (%)	Perdas (m³/h)
Reagentes	998	100%	0%	0
Consumo humano	20	0%	100%	20
Barragem do Vale	40	0%	100%	40
Córrego Lamarão	52	0%	100%	52
Água de refrigeração	1.775	97%	3%	53
Água de serviço	1.700	80%	20%	340
Água para aspersão	915	0,0%	100%	915
Consumo intermitente	2098	80%	20%	420
Água de selagem	2.793	80.2%	19.8%	553
Total	10.387	76,9%	23,1%	2.398

Fonte: SAM, 2018.

Desta forma a vazão de água de 6.200 m³/h já outorgada pela ANA (processo 02501.000084/2012-46) é a quantidade necessária e suficiente para atendimento à necessidade de água nova do projeto Bloco 8 na escala projetada, observando-se que:

- serão mantidas as características do minério, conforme interpretação geológica e tecnológica vigente do Bloco 8;
- será mantida a rota de processo estudada, materializada nos fluxogramas referidos;
- será desenvolvido o projeto da usina em compatibilidade com os fluxogramas de processo apresentados;
- a operação da usina será bem conduzida, em conformidade com os requisitos de processo, os projetos de engenharia, tudo em acordo ao que consta do pedido de licenciamento ambiental.

Na eventualidade, não considerada neste momento do projeto, de aumento do consumo de água, há disponibilidade para ampliação de outorga no próprio local, evidentemente que sujeita à aprovação do poder público.

Recirculação de água

O processo de concentração de minério de baixo teor é o grande usuário de água. Para maximizar o aproveitamento de água na usina, foram realizados testes de espessamento, em escala de bancada e escala piloto, em colaboração com fabricantes destes equipamentos. Os fluxos finais são tratados em espessadores, cuja função é maximizar a recuperação de água, até o limite técnico destes equipamentos:

- espessador de concentrado, objetiva percentagem de sólidos na alimentação do mineroduto superior a 74% de sólidos (relação peso de sólido / peso de polpa em peso). Sua água recuperada (aproximadamente 69% de sua alimentação) será utilizada na flotação;
- espessadores de lamas, objetivam percentagem de sólidos no “underflow” da ordem de 60%. Sua água recuperada (aproximadamente 99% de sua alimentação) será utilizada na moagem, deslamagem e pré-concentração magnética;
- espessador de rejeitos, objetiva percentagem de sólidos da ordem de 59% para bombeamento destes rejeitos. Sua água recuperada (aproximadamente 90% de sua alimentação) será utilizada como água de lavagem.

Sistematicamente, todos os fluxos industriais oriundos do processo serão tratados nos sistemas acima descritos, maximizando a recuperação de água. No total, a usina recirculará mais de 94% da água que consumir.

A usina será provida de sistema de drenagem pluvial e sistema de drenagem industrial independentes. A drenagem pluvial será direcionada para o depósito de rejeitos formado pela barragem 2. A drenagem industrial será direcionada à bacia de coleta de sedimentos de usina (bacia de descarga da usina), que será dividida em duas baias, uma em fase de drenagem e desaguamento e a outra em fase de recebimento de sedimentos. Periodicamente, os sedimentos na bacia de coleta da usina, por serem oriundos do processo e terem valor comercial, serão retomados por pá carregadeira e caminhões e realimentados na usina.

Os rejeitos foram testados em várias instituições e laboratórios. Antes de deixar a usina, os rejeitos serão adensados, em ciclones e espessadores, e terão seu pH corrigido para atendimento aos padrões normativos para o lançamento de efluentes.

Os rejeitos serão bombeados e/ou escoados por gravidade para os reservatórios formados pelas barragens 1, 2 e *backfill*. Nestes reservatórios haverá sedimentação e consolidação dos rejeitos, liberando da ordem de 44% da água encaminhada com os rejeitos, conforme estimativa apresentadas nos estudos da empresa WALM Engenharia.

Esta água deverá normalmente ser bastante clarificada, à medida que o tempo médio de permanência no reservatório será superior a um ano. O tempo de residência médio é calculado como o volume de água no reservatório dividido pela vazão efluente. Será variável no tempo, tal qual o volume de água no reservatório.

Nos depósitos de rejeitos 1, 2 e *backfill* serão posicionadas bombas submersas, localadas em posição oposta ao ponto de lançamento dos rejeitos.

A água de chuva excedente no depósito de rejeitos formado pela barragem 2 verterá pela ombreira esquerda.

O depósito de rejeitos formado pela barragem 1 fará seu vertimento pela ombreira direita, através de canal que desaguará no reservatório da barragem de água de industrial, situada no córrego do Vale.

As bombas submersas alimentarão uma estação *booster*, que bombeará para o reservatório elevado da planta, onde a água recuperada de rejeitos se integrará ao sistema de distribuição de água da planta.

A captação de água nas barragens de rejeito, bem como operação de todo o sistema, respeitará as restrições operacionais necessárias à garantia da vazão residual mínima.

Estudos hidrogeológicos realizados pela WALM Engenharia demonstram que haverá pequena recuperação de água em fundo de cava, da ordem de 200 m³/h, à qual se somará, eventualmente, à água de chuva. Esta vazão de água coletada na cava será conduzida por canaletas até uma bacia escavada no fundo da cava, onde será instalada estação de bombeamento, que elevará esta água até a alimentação do espessador de lamas. Esta bacia terá dimensão suficiente para recepção de chuva intensa semanal de projeto e será relocada periodicamente em função do avanço da lavra. Parte da água recuperada no fundo da cava, poderá ser bombeada para o córrego Lamarão, de modo a garantir sua vazão, conforme requisitos ambientais e legais.

A água na usina será distribuída a partir dos tanques de transbordo dos espessadores e a partir do reservatório elevado, que será dividido em dois compartimentos. Um dos compartimentos receberá a água bruta trazida pelas adutoras de Irapé ou do rio Vacaria.

O compartimento que receberá a água bruta atenderá aos seguintes usos:

- ETA (Estação de tratamento de água) para consumo humano;
- reposição de água para sistemas de refrigeração;
- preparação de reagentes;
- selagem de bombas de polpa;
- reserva para combate a incêndio;
- água de serviço.

Haverá excedente de água bruta neste primeiro compartimento, que transbordará de maneira unidirecional para o segundo compartimento, que receberá também água recirculada de rejeitos e do espessador de rejeitos. Este compartimento de água recirculada atenderá aos seguintes usos:

- aspersão de vias;
- consumo intermitente nas caixas de bombas da usina;
- água para usos de processo, água de diluição e de lavagem.

4.3.4.2 - Energia Elétrica

O processamento do minério envolverá o consumo de 1.490.915 MWh/ano (185 MW x 8.059 h/ano - regime operacional da planta industrial).

Ressalta-se que já foi obtida a autorização de conexão à rede básica de energia, por meio da Portaria 289 do Ministério das Minas e Energia, datada de 21 de outubro de 2014, utilizando-se a linha de transmissão de 345 kV, a ser conectada em subestação de energia elétrica da Usina Hidrelétrica de Irapé.

4.3.4.3 - Combustíveis

Os principais insumos serão típicos de uma atividade minerária de grande porte, destacando-se os combustíveis e lubrificantes para os equipamentos movidos a óleo diesel, que serão estocados e manuseados em locais específicos, nas áreas de abastecimento e de manutenção centralizada.

O diesel será recebido e estocado em 04 tanques de 300 m³, de onde será distribuído para abastecimento dos equipamentos de lavra. Haverá também 02 tanques de 300 m³ para estocagem de diesel para atendimento a grupos geradores de emergência, que atuarão nos momentos de falta de energia, mantendo em operação os equipamentos críticos, cuja parada seria demasiadamente prejudicial ao processo. Haverá também distribuição por caminhão comboio durante as manutenções de campo.

O consumo estimado de óleo diesel será, em média, de 55 milhões de litros/ano, chegando a 67 milhões de litros/ano aos 18 anos de operação.

4.3.4.4 - Explosivos

A operação de desmonte trabalhará com explosivo do tipo ANFO em forma de emulsão bombeada. Conforme já apresentado, o ANFO consiste em mistura de nitrato de amônia (fertilizante) e óleo diesel a ser feita na fábrica de explosivos.

Em média, o consumo específico de explosivo será da ordem de 160 g/t de rocha desmontada.

4.3.4.5 - Amido

O amido funcionará como um depressor do mineral na flotação reversa e parte do sistema floculante na operação de deslamagem da usina de tratamento de minério.

Ao chegar na usina, o amido será removido de caminhões graneleiros, por meio de sistema de transporte pneumático, para silos de recebimento e estocagem. Este sistema será composto por filtro de mangas, alimentador rotativo, sopradores rotativos tipo *Roots*, desviadores de fluxo e exaustores instalados nos silos de recebimento e estocagem.

O amido contido nos silos de recebimento e estocagem será direcionado, através de sistemas de transporte pneumático, para um tanque de preparação de amido, dotado de agitador, onde será adicionada água para diluição até uma concentração de 15%.

Do tanque de preparação, o amido será novamente transferido, por meio de bomba centrífuga, para um tanque de gelatinização, equipado com agitador, onde serão adicionadas água e solução de soda cáustica 5%, para gelatinização do amido e diluição até uma concentração de 8%. Esta solução será bombeada, por bomba centrífuga, para um tanque de diluição, equipado com agitador, onde será adicionada água para diluição do amido até uma concentração de 3%. Do tanque de diluição de amido, a solução será bombeada por bomba centrífuga para o tanque de gelatinização.

A solução gelatinizada de amido será bombeada, por bombas centrífugas, para os tanques de dosagem de onde seguirá, por gravidade, para os condicionadores da flotação mecânica e deslamagem.

O consumo estimado de amido é de, aproximadamente, 46.000 t/ano, podendo variar ao longo do tempo entre amido de milho e de mandioca, dependendo de desempenho metalúrgico e preço do insumo.

4.3.4.6 - Amina

A amina funcionará como coletor na flotação reversa da usina de tratamento de minério, onde serão flotados quartzo, muscovita, biotita e apatita.

A amina chegará em solução com concentração de 50% p/p, transportada por caminhões e será bombeada, por bomba centrífuga, para um tanque de recebimento. Deste tanque, a solução de amina será bombeada, por bomba centrífuga, para um tanque de diluição, equipado com um agitador, onde será adicionada água para diluição da amina até uma concentração de 3%.

Após a diluição, a amina será bombeada, por bomba centrífuga, para os tanques de dosagem seguindo, por gravidade, para as calhas de descarga dos condicionadores da flotação mecânica e de colunas.

O consumo estimado de amina é de 3.800 t/ano.

4.3.4.7 - Ar Comprimido

O sistema de geração e distribuição de ar comprimido - centralizado ou descentralizado - será definido em função das distâncias dos pontos de geração aos pontos de consumo. Serão consideradas redes de distribuição distintas para a distribuição de ar de instrumentos e para a distribuição de ar de serviço. Em linhas gerais, serão considerados sistemas de geração de ar comprimido através de compressores de ar rotativos, tipo parafuso.

Os compressores serão lubrificados e, preferencialmente, refrigerados a ar. A pressão mínima considerada na geração de ar comprimido será de 7,5 kgf/cm², suficiente para atuação de válvulas de grande porte e acionamento de ferramentas pneumáticas. Nos pontos de consumo a pressão mínima considerada será de 6,5 kgf/cm². Este critério será considerado na definição dos diâmetros das tubulações de ar comprimido.

Para efeito de pré-dimensionamento serão consideradas velocidades máximas de 12 m/s, velocidade esta que promove baixa perda de carga. Para tratamento do ar comprimido serão especificados, obrigatoriamente, secadores de ar tipo refrigeração, que são os tipos de secadores aplicáveis às condições climáticas características da região onde será instalada a planta industrial. O ar comprimido para instrumentação deve apresentar as características recomendadas pelo *Instrument Society of America* (ISA), a fim de garantir a eficiência do acionamento e durabilidade dos internos dos instrumentos. Não serão especificados secadores de ar incorporados aos compressores de ar.

Para garantir a estabilidade na pressão da(s) rede(s) de distribuição de ar comprimido serão previstos vasos de pressão verticais (tanques pulmão) próximos aos pontos de geração e em locais estrategicamente definidos, próximos aos principais pontos consumidores. Serão considerados vasos de pressão distintos para as redes de ar de instrumentos e para a rede de ar de serviço. Na tubulação de descarga de cada vaso de pressão de ar de serviço será prevista uma válvula de bloqueio, intertravada com o transmissor de pressão dos vasos da(s) rede(s) de ar de instrumentos. Este intertravamento tem o objetivo de preservar a integridade na pressão da rede de ar de instrumentos. Havendo indicação de pressão abaixo da pressão recomendada para atuação de instrumentos pneumáticos, a válvula de bloqueio fechará, bloqueando a utilização de ar de serviço até que a pressão de trabalho da rede de ar de instrumentos seja restabelecida.

O ar comprimido será utilizado para movimentação de instrumentos e de pistões acionadores e também em serviços auxiliares de limpeza. Compressores de ar tipo parafuso encaminharão o ar comprimido para reservatórios. O ar comprimido, que será destinado para instrumentos, passará por um filtro de linha, em seguida por um secador de ar, e, novamente, por um filtro de linha, antes de chegar ao reservatório. O ar de serviço seguirá, diretamente, dos compressores para o reservatório de ar. Já o ar necessário à flotação em colunas será gerado por sopradores de ar fornecidos juntamente com as células de flotação.

4.3.4.8 - Bolas de Moinho

A moagem em moinhos tubulares se dá por impacto e atrito de corpos moedores aplicado sobre os grãos de minério, que são, desta forma, quebrados em partículas menores. A opção mais comum de corpos moedores são as bolas de moinho.

Na usina do Projeto Bloco 8 serão utilizados dois tipos de corpos moedores: bolas de 2" para a moagem primária e bolas de ¾" para a remoagem. O tipo e tamanhos dos corpos moedores poderá variar ao longo do tempo, dependendo das características do minério e da oferta disponível, sendo que, na remoagem, há a possibilidade de uso de *cylpebs*, pequenos corpos trapezoidais.

Os corpos moedores serão recebidos a granel e estocados em moegas. A alimentação de corpos moedores será automática, a partir do monitoramento de potência e granulometria de cada sistema. As bolas serão dosadas automaticamente e carregadas em transportadores de correia até o moinho de destino.

O consumo estimado de bolas de moinho é de 29.200 t/ano.

4.3.4.9 - Cal

A cal atuará como coagulante nos espessadores e também terá efeito auxiliar para elevação do pH da polpa na usina de tratamento de minério.

A cal micropulverizada chegará em caminhões e será descarregada em um silo equipado com filtro de mangas acoplado a um exaustor. Um sistema de transporte pneumático enviará a cal para um tanque de preparação, equipado com agitador, onde será adicionada água para dissolução da cal até uma concentração de 15%.

A suspensão preparada de cal será recebida no tanque de distribuição, equipado com o agitador, de onde será bombeada por bombas parafuso para dosagem nos espessadores, na deslamagem e no mineroduto.

Nas linhas que seguem com a suspensão de cal haverá adição de água para diluição até uma concentração de 2%.

O consumo estimado de cal é de 5.800 t/ano.

4.3.4.10 - Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono (CO₂) será utilizado para reduzir o pH na descarga dos espessadores de rejeito. Quando injetado em condições apropriadas, reage com a água, formando ácido carbônico que, por sua vez, reage com a polpa abaixando seu pH.

O CO₂ chegará em caminhões e será descarregado em dois tanques de estocagem. Destes tanques, passará por evaporadores e depois seguirá para as tubulações de entrada e de saída do espessador de lamas/rejeito.

O consumo estimado de CO₂ é de 750 t/ano.

4.3.4.11 - Coagulantes

Os coagulantes serão utilizados nos espessadores para auxiliar a precipitação das partículas finas.

Eles chegarão em “*big bags*” de 800 kg e serão estocados em um galpão de estocagem. Um silo equipado com filtro de mangas, acoplado a um exaustor, receberá o coagulante dos “*big bags*”.

Um sistema de transporte pneumático enviará o coagulante para um tanque de preparação, equipado com agitador, onde será adicionada água para diluição do coagulante, até uma concentração de 0,2%. A solução preparada será encaminhada, por bomba parafuso, até um tanque de distribuição, onde haverá adição de água, até a diluição de 0,05%, de onde escoará por gravidade até os diversos pontos de dosagem.

O consumo estimado de coagulantes é de 1.400 t/ano.

4.3.4.12 - Floculantes

Os floculantes serão utilizados nos espessadores para auxiliar a precipitação das partículas finas.

Eles chegarão em “*big bags*” de 800 kg e também serão estocados em um galpão de estocagem. Um silo equipado com filtro de mangas, acoplado a exaustor, receberá o floculante dos “*big bags*”.

Um sistema de transporte pneumático enviará o floculante para dois tanques de preparação equipados com agitadores, onde será adicionada água para diluição do floculante, até uma concentração de 0,5%. A solução preparada será encaminhada, por bomba parafuso, até um tanque de distribuição, de onde será bombeada, também por bombas parafuso, para os diversos pontos de dosagem. Nas linhas de distribuição da solução de floculante haverá adição de água para diluição até uma concentração de 0,01%.

O consumo estimado de floculante é de 800 t/ano.

4.3.4.13 - Hidróxido de Sódio

O hidróxido de sódio será utilizado para elevação do pH da polpa, controlando as condições adequadas para deslamagem e flotação na usina de tratamento de minério.

Ele chegará à usina por caminhões na forma de solução 50%. Utilizando-se uma bomba centrífuga, esta solução será transferida para um tanque de recebimento de hidróxido de sódio.

O hidróxido de sódio contido neste tanque será bombeado, por bomba centrífuga, para um tanque de diluição, equipado com agitador, onde será adicionada água para diluição, até uma concentração de 5%. Deste tanque, a solução seguirá, por gravidade, para um tanque de distribuição, de onde parte do reagente será bombeado, por bomba tipo parafuso, para a gelatinização do amido.

A solução preparada de hidróxido de sódio será recebida no tanque de distribuição, de onde será bombeada, por bombas parafuso, para os tanques de dosagem e para a gelatinização do amido. Dos tanques de dosagem a solução seguirá, por gravidade, para a moagem e deslamagem.

O consumo estimado é de 11.500 t/ano de hidróxido de sódio em solução.

4.3.4.14 - Silicato de Sódio

O silicato de sódio será utilizado como um dispersante, ou seja, ele agirá na polpa evitando que as partículas finas e ultrafinas se liguem formando flocos. Desta forma, aumentará a disposição das partículas ultrafinas de permanecerem em suspensão, facilitando sua deslamagem. Especificamente, será utilizado no processo de floculação seletiva na etapa de deslamagem, em conjunto com cal e amido, que atuarão seletivamente na floculação dos minerais de ferro.

O silicato de sódio chegará em “*big bags*” de 800 kg e serão armazenados em um galpão de estocagem. Um silo equipado de filtro de mangas, acoplado a exaustor, receberá o silicato de sódio dos “*big bags*”.

Um sistema de transporte pneumático enviará o silicato de sódio para um tanque de preparação, equipado com agitador, onde será adicionada água, até uma concentração de 1%. A solução preparada será encaminhada, por bomba parafuso, até os tanques de distribuição, de onde escoará, por gravidade, controlada por válvulas dosadoras.

O consumo estimado de silicato de sódio é de 3.600 t/ano.

4.3.5 - Movimentação e Manutenção de Veículos e Equipamentos

Ocorrerá a movimentação de veículos em vias pavimentadas e não pavimentadas relacionados com o transporte de minério, estéril e insumos.

Nas vias não pavimentadas ocorrerá a movimentação de caminhões fora de estrada para o transporte de minério e estéril, assim como veículos de supervisão operacional. O peso médio dos caminhões fora de estrada será de 500 t (sendo a capacidade de carga de 320 t) e dos veículos de supervisão operacional 2 t. As vias de minério e estéril possuirão, em média, 2,3 km de comprimento. O tráfego de veículos (número de viagens) será de 2 viagens/h para estéril e 40 viagens/h para minério.

Para o processo de lavra também serão utilizados outros tipos de veículos e máquinas, tais como tratores, perfuratrizes, motoniveladoras e retroescavadeiras, os quais também se movimentarão no interior do complexo, ainda que em menor escala, se comparados com os caminhões de minério e estéril.

Cabe lembrar que o sistema de transporte da mina utilizará, também, correias transportadoras para escoar o minério proveniente das unidades de britagem semimóvel. Já para os materiais considerados estéril e minério de baixo teor, o transporte deverá ser feito do modo convencional, via caminhões fora de estrada. Basicamente, os acessos se darão pela porção sul da lavra, onde serão posicionadas as correias transportadoras para a saída da lavra. O acesso de caminhões ficará ao lado das correias.

Nas vias pavimentadas ocorrerá a movimentação de veículos envolvidos no transporte de insumos, com peso médio de 27,5 t. As vias pavimentadas terão cerca de 2,36 km. O tráfego de veículos (número de viagens) é estimado em 2 viagens/h.

A manutenção preventiva programada e a manutenção corretiva que envolver a necessidade de movimentação de carga e/ou serviços especiais serão feitas na oficina de manutenção centralizada, a ser construída para esta finalidade. Os maiores equipamentos a serem mantidos nessa oficina centralizada serão os caminhões fora de estrada, os tratores de esteira e sobre pneus, as carregadeiras sobre pneus, as perfuratrizes e motoniveladoras, dentre outros. As intervenções de manutenção corretiva e de lubrificação programada de equipamentos de grande porte, inclusive das escavadeiras hidráulicas, também serão feitas no campo, com o auxílio de caminhões comboio de lubrificação.

4.3.6 - Produto

Conforme já informado, a produção anual de *pellet feed* será de 27.500.000 t/ano para uma capacidade instalada de alimentação no beneficiamento de 120.000.000 t/ano.

Apesar do baixo teor alimentado na usina, da ordem de 20% Fe, em alguns momentos bem abaixo disto, o processo desenvolvido possibilitará a obtenção de um produto de alta qualidade, com a seguinte expectativa: 66,5% Fe; < 1,4% SiO₂; < 0,6% Al₂O₃; < 0,04% P; < 0,01% S; < 0,1% Na₂O; < 0,01% K₂O.

Esta especificação o qualifica como minério de ferro de alto teor, potencialmente utilizável para processo de redução direta ou corretivo de teor em minérios mais pobres. Minérios de alto teor são particularmente importantes para a redução de custos operacionais, consumo de energia e poluição atmosférica na siderurgia. O mercado mundial é deficiente no suprimento de concentrado de alto teor, garantindo uma posição privilegiada para este produto no mercado.

4.3.7 - Aspectos e Controles Ambientais

4.3.7.1 - Emissões Atmosféricas

Na fase de operação do Projeto Bloco 8, as emissões atmosféricas se caracterizarão pela geração, principalmente, de material particulado durante o desenvolvimento das atividades operacionais do circuito de britagem, transferências entre correias transportadoras, formações de pilhas de estocagem, tráfego de veículos em vias pavimentadas e não pavimentadas, assim como pela ação eólica sobre áreas desnudas, pátios, pilhas, área de disposição de estéril / rejeito e cava. Também serão gerados gases pela combustão dos motores dos veículos, equipamentos e máquinas utilizados durante a operação.

No Anexo 18 é apresentado um modelamento de dispersão atmosférica para o Projeto Bloco 8. Foram modelados 02 (dois) cenários de projeção da dispersão de materiais particulados, na forma de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PM₁₀), sobre a qualidade do ar na área de influência do projeto, sendo:

- Cenário Intermediário: projeto em sua configuração intermediária em termos de fontes de emissão e espacialização;
- Cenário Máxima Configuração (em sua configuração máxima em termos de fontes de emissão e espacialização).

Há que se ressaltar que o Projeto Bloco 8 foi concebido, pela SAM, a partir do estabelecimento de alguns critérios e premissas favoráveis ao controle de geração de material particulado, conforme descrito a seguir.

O avanço da supressão vegetal na área de lavra será progressivo ao avanço da mesma. De maneira geral, a superfície com vegetação suprimida será substituída por área com superfície rochosa no fundo da cava, sendo, portanto, com menor potencial de geração de material particulado.

O avanço da supressão vegetal na área das barragens de rejeito se dará à medida que ocorrer o alteamento e a área suprimida será substituída por área alagada e de disposição de rejeitos.

Na porção seca da usina de tratamento de minério, haverá disponibilidade de água para aspersão, minimizando a geração de material particulado em suspensão.

Todas as transferências da usina serão parcialmente fechadas por chutes especialmente desenhados para minimizar a liberação de material particulado e providos de aspersão de água, utilizando-se da melhor tecnologia disponível à época.

A maior parte da usina terá beneficiamento a úmido do minério, reduzindo substancialmente a geração de material particulado.

As áreas de trânsito de veículos leves e pesados serão majoritariamente revestidas com pavimento asfáltico, com exceção das vias de transporte de minério e estéril (área de lavra) que possuirão revestimento primário.

Haverá esforço sistemático, na fase de engenharia relacionada com a elaboração do projeto básico, no desenho de instalações que minimizem a geração de material particulado. Onde, eventualmente, no futuro, se verifique geração porventura inadequada de material particulado, haverá disponibilidade de água para usos de aspersão, podendo ser instalados canhões aspersores, sistemas automáticos de umectação ou outros dispositivos adequados à suspensão de material particulado.

As estruturas e suas respectivas superfícies com maior interferência e sua evolução ao longo da vida do empreendimento são listadas a seguir:

- Instalações provisórias:

Estas estruturas incluem canteiros de obras e alojamentos. Ainda que relacionadas à fase de obras, estas instalações terão pavimento primário em sua área de trânsito e serão revegetados tão logo se encerre a fase de construção.

- Acesso principal e área de trânsito interna à usina e edificações auxiliares:

Serão asfaltadas tão cedo quanto possível.

- Vias de trânsito de caminhões internas à cava:

Possuirão Pavimento primário.

- Fundo de cava:

Será de rocha compacta.

- Taludes de cava:

Os taludes finais terão uma porção superior de material intemperizado, podendo ser solo ou saprolito. Esta fração poderá ser fonte de emissão de material particulado pelo arraste eólico, dependendo da direção e velocidade do vento e da resistência desta fração exposta, podendo variar ao longo do tempo. A geração de material particulado, caso se torne excessiva, poderá ser mitigada pela aspersão de calda de cimento ou outros aditivos e o talude final poderá ser reforçado com malha de aço e concreto na porção intemperizada, como solução definitiva para proteção contra erosão eólica.

- Taludes, de escavações ou barragens de terra:

Serão vegetados tão cedo quanto possível. Terão sua maior geração de material particulado antes da completa implantação da vegetação.

- Pilha de minério de baixo teor:

Majoritariamente rochosa, começará a se formar no início da operação e será ampliada ao longo da operação. Seu crescimento será por bancadas, sendo que cada bancada poderá ter sua face vegetada, caso seja necessário.

Como a retomada deste minério somente se dará em longo prazo, eventualmente além de 18 anos, o plantio de vegetação é aceitável operacionalmente.

- Backfill:

Formado por disposição de estéril, consorciada à medida do possível com rejeito grosso. Os taludes expostos, passíveis de geração de material particulado, poderão ser vegetados.

- Talude de jusante da barragem 1:

Os estudos de alternativas demonstraram que a melhor alternativa para alteamento da barragem 1 é com utilização de aterro com rejeito pelo método de linha de centro, o que permitirá o uso de grande volume de rejeito como material de construção, evitando escavações adicionais. Constitui-se em alternativa segura e ambientalmente compatível.

O talude de jusante terá grandes dimensões e será formado por rejeito grosso compactado. Ele será revegetado após sua configuração final. Durante longos períodos estará úmido, devido ao processo construtivo, mas em determinados momentos poderá estar seco. Contudo, mesmo sendo constituído de material grosso compactado, caso se torne fonte relevante de geração de material particulado, poderá ser criada infraestrutura de aspersão, ainda que neste momento, pelas informações disponíveis, não se considere esta necessidade. Há água e energia disponíveis para esta atividade, se requerida no futuro.

- Praia de montante das barragens de rejeito:

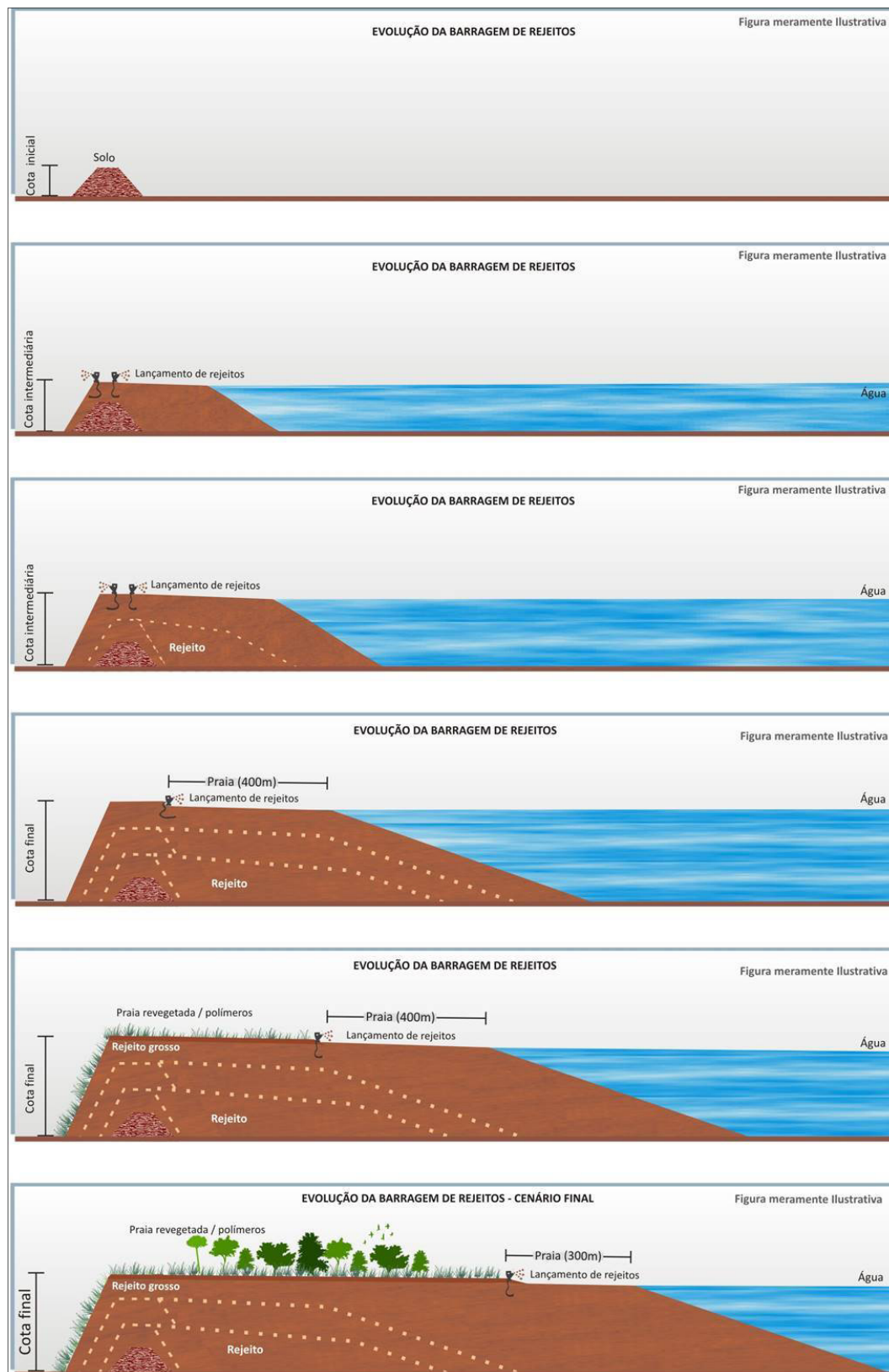
As barragens alteadas pelo método de linha de centro requerem praias largas a montante e com grande capacidade de suporte. A praia de montante, ao longo das barragens, terá largura adotada de 400 m, sendo formada de rejeito grosso. O rejeito lançado no lago das barragens de rejeito estará majoritariamente submerso. No caso particular da geometria deste projeto, não há razão operacional ou econômica que justifique a formação de grandes praias emersas, a não ser aquela já mencionada a montante do barramento.

Em outras geometrias, em outros projetos, são formadas grandes praias para possibilitar o transporte de rejeito a longas distâncias. Nesta situação estas praias são extensas, emersas e não são passíveis de vegetação até que se encerre a operação. Este não é o caso do Projeto Bloco 8, onde o transporte de rejeito se dará por tubulação, evitando grandes praias emersas de rejeitos finos, que colocariam esforço geotécnicos não previstos na concepção do barramento.

Uma vez atingida a cota máxima de cada barramento, a praia de rejeitos será alargada a partir da crista da barragem em direção oposta do reservatório. Esta porção emersa será recoberta com rejeito grosso, menos propenso a erosão eólica, e nivelada com a crista do barramento. Deverá ser vegetada com espécies adequadas às condições de longo prazo”.

A Figura 4.3.7-1 ilustra o processo de alteamento da barragem, formação da praia e sua revegetação.

FIGURA 4.3.7-1 - Modelo esquemático de alteamento e revegetação da barragem



Fonte: SAM, 2018.

4.3.7.2 - Efluentes Líquidos Sanitários

O efetivo total de mão de obra variará ao longo da vida útil do Projeto Bloco 8. Estima-se um máximo de até 1.200 profissionais. Considerando este quantitativo de trabalhadores, estima-se uma geração de até 150 m³/dia (~6,25 m³/h) de efluentes sanitários.

Para tratamento destes efluentes, foram previstas 04 estações, conforme listado a seguir:

- ETE 1: atenderá à região dos escritórios, vestiário, escritório, cozinha, refeitório e instalações auxiliares próximas. Esta ETE terá a capacidade de atender até 600 pessoas. Portanto, será uma ETE com capacidade de 75 m³/dia (~ 3,2 m³/h);
- ETE 2: atenderá ao vestiário e refeitório I da usina e instalações adjacentes. O efetivo capaz de ser atendido também será de 600 pessoas, distribuídas em três turnos. Portanto, também será uma ETE também com capacidade de 75 m³/dia (~ 3,2 m³/h);
- ETE 3: atenderá ao refeitório II da usina e instalações adjacentes, com capacidade para 600 pessoas, distribuídas em três turnos. Assim, também será uma ETE com capacidade de 75 m³/dia (~ 3,2 m³/h);
- ETE 4: atenderá à oficina, vestiários da mina, escritórios da mina e instalações adjacentes. O efetivo atendido será de 300 pessoas. Portanto, será uma ETE com capacidade de 37,5 m³/dia (~1,6 m³/h).

Estas ETE serão do tipo compactas, cujos parâmetros de localização, dimensionamento, construção e operação serão refinados pelo projeto de engenharia detalhada, necessários à instrução do licenciamento ambiental na fase de instalação. Preliminarmente, a expectativa é a de que cada ETE ocupe uma área de até 162 m² cada.

A seguir são apresentadas considerações relativas à destinação dos efluentes tratados na fase de operação:

- Os efluentes sanitários tratados serão lançados nos reservatórios de rejeitos. Ressalta-se que o reservatório da barragem 2 será utilizado, na fase de obras, como lagoa de polimento. Durante as obras, estima-se uma geração máxima (pico das obras) de 768 m³/dia (32 m³/h), por 6.146 trabalhadores (29º mês), valor muito superior ao quantitativo da fase de operação, que terá até 1.200 funcionários. As águas tratadas oriundas de esgoto, somadas às águas recuperadas das barragens de rejeito, retornarão ao processo de beneficiamento. Ressalta-se que as águas da barragem industrial não receberão efluente da ETE, sendo utilizada como *make-up* do processo produtivo e para alimentação da ETA para consumo humano;
- Para se ter uma ideia, a demanda de água nova para o processo de beneficiamento será de 5.171 m³/h, conforme apresentado no balanço de água da usina e, pelo exposto acima, serão gerados até cerca de 11,0 m³/h de efluentes sanitários. Desta forma, a geração de efluente sanitário tratado será insignificante (0,2%) em relação à água nova demandada pelo processo de beneficiamento. Desta forma, não serão realizados lançamentos de efluentes sanitários tratados em curso d'água na fase de operação.

4.3.7.3 - Águas Pluviais

Para a fase de operação, nas frentes de lavra e acessos operacionais estarão implantados os dispositivos de drenantes e de captação e desvio de águas pluviais eficazes, tais como, valetas para condução das águas superficiais, valetas paralelas ao corpo d'água, diques, barreiras artificiais e outros que impeçam o carreamento de sedimentos para os corpos d'água. Outra medida importante de controle será a operacionalização de ações para recuperação e revegetação das áreas não operacionais desnudas, o que contribuirá para o lançamento das águas pluviais no córrego Lamarão, de acordo com a legislação vigente.

Em relação às unidades de apoio operacional e administrativo, a drenagem pluvial será feita através de calhas e condutores, interligados às caixas de passagem interligadas à rede de drenagem pluvial geral dos platôs. Os procedimentos e diretrizes para o controle de arraste de sedimentos, bem como parâmetros de localização, dimensionamento, construção e operação serão definidos por projeto de engenharia detalhada e apresentados na fase de Licença de Instalação.

O córrego Lamarão é afluente da margem direita do rio Vacaria, tendo sua nascente na chapada próxima às margens da rodovia BR-251, possui uma extensão de 23,2 km, e uma área de drenagem total de 180,9 km². Seu principal afluente é o córrego Jibóia, contribuinte de sua margem esquerda, que segue paralelo ao córrego Lamarão e desagua a, aproximadamente, 5,0 km a jusante do projeto, não sofrendo interferência direta com o empreendimento.

Nas áreas de manutenção, abastecimento e lavagem de veículos, equipamentos e máquinas o sistema de coleta da drenagem pluvial será rigorosamente segregado em relação ao sistema de coleta da drenagem oleosa, cujo direcionamento será para a ETEO. Esta segregação, além de mitigar eventuais contaminações da drenagem pluvial, evitará também que seja necessário o superdimensionamento ou a inoperabilidade da ETEO.

Este detalhamento será apresentado na fase de licenciamento de instalação.

4.3.7.4 - Efluentes Líquidos Industriais e Oleosos

Em relação aos efluentes líquidos, com presença de óleos e graxas de qualquer origem (oficinas, lubrificação e abastecimento de equipamentos, máquinas e veículos), estes serão coletados por redes independentes de drenagem e submetidos a tratamento em uma Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO).

Em linhas gerais, a ETEO terá uma capacidade de 10m³/h, regime operacional de 8h/dia e recirculação/reuso do efluente tratado. A ETEO será composta por bacia de decantação de sólidos, dispositivo de separação e remoção de sólidos finos e água oleosa, decantador secundário e separador de água e óleo do tipo placa coalescente. Em função do detalhamento do projeto, poderão ser implantadas mais de uma ETEO, levando-se em consideração as distribuições e localizações das instalações de apoio operacional. A expectativa é a de que ETEO implantada na fase de obras seja mantida para a fase de operação. Os parâmetros de localização, dimensionamento, construção e operação serão apresentados na fase de licenciamento ambiental de instalação.

Os efluentes tratados serão direcionados para um tanque de armazenamento, para posterior reutilização nas próprias atividades de lavagem. Os sólidos e lodos, assim como os óleos e graxas retidos no sistema de tratamento, serão gerenciados e encaminhados para empresas de tratamento devidamente licenciadas, via Central de Materiais Descartáveis (CMD) do projeto.

Os locais que envolverem atividades de manutenção, calderaria, abastecimento e lavagem de veículos pesados, oficina central de manutenção, central de materiais descartáveis, área de armazenamento à granel de óleos hidráulicos e lubrificantes e etc. possuirão o piso impermeabilizado e sistemas de canaletas para coleta e direcionamento dos efluentes líquidos para a ETEO. Locais não providos de rede de interligação com a ETEO terão seus efluentes coletados, via caixas coletoras, e encaminhados, por caminhão sugador, para a ETEO.

A ETEO será um sistema completo de tratamento de águas oleosas para atender aos requisitos normativos existentes, com destaque para a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG 01/2008 (*que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*) e Resolução CONAMA 430/11 (Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA). Há que se ressaltar, conforme mencionado acima, que está sendo considerada a reutilização do efluente tratado. Caso venha a ser descartado, o efluente tratado será encaminhado para a barragem de rejeitos 2 e não diretamente para um curso d'água.

Todos os tipos de óleos usados recolhidos, assim como lodos do processo de tratamento serão devidamente acondicionados e encaminhados para a Central de Materiais Descartáveis (CMD) para posterior tratamento e destinação final.

4.3.7.5 - Resíduos Sólidos

A destinação correta dos resíduos gerados no Bloco 8, em todas as suas etapas, será realizado em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que exige que o gerador seja responsável pela coleta seletiva de seu resíduo, sendo o processo realizado via Depósitos Intermediários de Resíduos (DIR) e Central de Materiais Descartáveis (CMD), localizados estrategicamente no interior do Complexo Minerário.

Os DIR serão pequenas edificações cobertas com 75 m², cobertura em telha metálica e fechamento em tela de aço galvanizado, localizados, de maneira estratégica, próximos às áreas operacionais. Internamente, estes depósitos serão divididos em baias para resíduos de diferentes categorias, tais como resíduos contaminados com óleo, graxa e tintas, assim como madeira, plástico, sucata metálica, resíduos inertes, materiais recicláveis e não recicláveis. Estes locais terão a finalidade de armazenar intermediariamente e temporariamente os resíduos gerados nas diversas áreas do empreendimento até o encaminhamento para a CMD. A CMD, por sua vez, será composta por 04 galpões de 450 m², área descoberta, balança, escritório de apoio e portaria/guarita, ou seja, uma estrutura mais completa para o correto gerenciamento dos resíduos gerados. A CMD será implantada em uma área com, aproximadamente, 23.000 m² (2,3 ha), também no interior do Complexo Minerário.

Os resíduos gerados na operação, incluindo aqueles gerados por terceiros que executam serviços na área interna da empresa, serão separados nas categorias recicláveis, comuns, orgânicos, contaminados, resíduos de madeira provenientes de embalagens e óleos e graxas usados em veículos e equipamentos, sendo que para cada um será dada a destinação adequada.

Para que esse processo seja efetivo, o programa de educação ambiental se encarregará de fomentar e sensibilizar os colaboradores da empresa, tanto os empregados diretos quanto os indiretos, da importância da coleta seletiva, visto ser esse o ponto chave para que ocorra a destinação adequada dos resíduos e seu consequente aproveitamento posterior.

Na CMD será realizado o acondicionamento dos resíduos em sacos e/ou recipientes impermeáveis e resistentes à ruptura e vazamentos, acomodando cada grupo de resíduos em recipientes apropriados e individualizados. Destaca-se que a destinação dos materiais recicláveis deverá ser realizada para entidades especializadas instaladas na região, em especial cooperativas, mediante parcerias que serão firmadas e que deverão propiciar a geração de renda para a população local.

Considerando-se o número de trabalhadores envolvidos na operação (1.200 pessoas), estima-se uma geração de até 1,5 t/dia de resíduos sólidos com características de lixo comum, sendo 30 % de material reciclável (0,45 t/dia), 20 % de material não reciclável (0,30 t/dia) e 50% de matéria orgânica putrescível (0,75 t/dia). A matéria orgânica está relacionada com as sobras e restos de alimentos gerados na preparação e após a ingestão.

O Quadro 4.3.7-1 apresenta um resumo dos principais tipos de resíduos que serão gerados e as possíveis formas de armazenamento temporário e destinação final para a fase de operação.

QUADRO 4.3.7-1 - Tipos de resíduos, armazenamento temporário e destinação final na fase de operação

Resíduo	Destinação interna	Destinação final
Areia ou solo contaminado com óleos e/ou graxas.	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Baterias diversas	DIR / CMD	Devolução ao fabricante, importador ou distribuidor para reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada
<i>Big Bags</i>	Reutilização interna / DIR / CMD	Devolução ao fabricante, importador ou distribuidor para reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada
Borra oleosa (limpeza ETEO e Oficinas)	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Cartuchos e <i>tonner</i> de tinta p/ impressora	Escritórios Administrativos / Almoxarifado / DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Componentes eletroeletrônicos	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem

Resíduo	Destinação interna	Destinação final
Correia transportadora com e/ou sem alma de aço	DIR / CMD	Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Estéril proveniente da lavra de minério de ferro.	-	Disposição em Pilha de <i>Backfill</i>
Efluente líquido do laboratório químico	Tanque de Neutralização / ETEO	Efluente tratado da ETEO será reutilizado ou lançado na barragem de rejeitos 2
Lama da decantação do efluente líquido do laboratório químico	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Entulho de obras civis	-	Aterro de Inertes de Terceiros / Pilha de <i>Backfill</i> mediante autorização
Filtro de papel e papel toalha contaminados com produtos químicos (reagentes de laboratório)	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Graxa	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Lâmpadas usadas	DIR / CMD	Descontaminação (destruição controlada e reciclagem dos elementos constituintes).
Equipamentos de proteção individual (EPI) usados	DIR / CMD	Higienização / Venda / Doação / Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Material diverso não reciclável (lixos sanitários, papéis e plásticos não recicláveis, material de escritório e etc.)	DIR / CMD	Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Matéria orgânica putrescível (restos de alimentos)	DIR / CMD	Compostagem / Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Lodos da ETA		Aterro de Inertes devidamente licenciado / Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Lodo das ETE	DIR / CMD	Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Lodos da ETEO	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Dejetos dos banheiros químicos	DIR / CMD	Empresas de recolhimento devidamente licenciadas / autorizadas pelos órgãos ambientais / Tratamento
Madeira - resíduos de embalagens	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Óleos e gorduras vegetais	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Empresas de Reciclagem
Plástico em geral não contendo resíduo perigoso	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Plástico contendo resíduo perigoso (vasilhame de produtos químicos)	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Produtos químicos / reagentes de laboratório	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas

Resíduo	Destinação interna	Destinação final
Papel / Papelão	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Rejeito do beneficiamento mineral	-	Barragens de rejeito 1 e 2
Resíduo de caixa de gordura	-	Aterro Sanitário Municipal Licenciado
Resíduos diversos contaminados com óleo, graxa, tinta ou solvente	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas
Resíduos de limpeza / manutenção de áreas verdes	DIR / CMD	Uso como adubo interno / Aterro Sanitário Licenciado
Resíduos de alimentação	DIR / CMD	Aterro Sanitário Licenciado
Sucata metálica	DIR / CMD (Pátio de Sucatas)	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Vidros em geral não contaminados com resíduos perigosos	DIR / CMD	Associações de Catadores de Materiais Recicláveis / Sucateiros intermediários / Empresas de Reciclagem
Vidros contaminados com resíduos Perigosos	DIR / CMD	Empresas de tratamento / descontaminação / co-processamento / incineração devidamente licenciadas

Fonte: BRANDT, 2018.

4.3.7.6 - Ruído e Vibração

Na fase de operação haverá a geração de ruídos nas áreas de lavra e beneficiamento e também nos acessos operacionais, em função do próprio processo produtivo, envolvendo a utilização e movimentação de veículos, máquinas e equipamentos. Também serão gerados ruídos e vibrações durante as operações de desenvolvimento da lavra a partir da utilização de explosivos.

Para o controle dessas emissões será realizada a manutenção e regulagem dos equipamentos, máquinas e veículos, bem como o controle de tráfego e execução do desmonte com o uso controlado de explosivos. Serão considerados os parâmetros e diretrizes técnicas preconizados pelas normas técnicas ABNT NBR-10.151, que fixa os limites, em decibéis, de aceitabilidade do ruído em áreas rurais (independentemente da existência de reclamações) e o período do dia (diurno/noturno) e ABNT NBR 9653-2005 - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas - Procedimento.

Há que se ressaltar que, já no período de aquisição dos equipamentos e máquinas, será avaliado individualmente o potencial de geração de ruído e vibração e consideradas as providências cabíveis para o atendimento das normas aplicáveis e as melhores práticas disponíveis no mercado. De maneira geral, a tendência moderna é que os equipamentos mais ruidosos já sejam fornecidos providos de coxins de borracha e dispositivos amortecedores e isoladores de ruído. Em alguns locais da operação poderá ser necessário o uso de protetores auriculares pelos funcionários. Haverá monitoramento periódico de modo a garantir o atendimento real aos padrões preconizados.

A análise de viabilidade dos desmontes por explosivos e futuras atividades de lavra do projeto é apresentada no item de viabilidade técnica e ambiental.

A partir do estudo elaborado, verificou-se a viabilidade dos desmontes por explosivos e de suas futuras atividades de lavra de minério dentro dos padrões estudados. As equações verificadas em cenários equivalentes ou de referência indicaram que as cargas de explosivo necessárias para os futuros desmontes podem ser compatíveis tanto com os diques de contenção de rejeito como com as cavidades naturais subterrâneas existentes na área do projeto. Eles foram baseados em resultados de monitoramentos de vibrações em campo transmitidas pelo terreno em áreas similares em 04 (quatro) diferentes minerações de ferro no Brasil, bem como de trabalhos internacionais existentes que envolveram a análise de desmontes de rocha por explosivos em minerações com alto grau de confinamento, em maciços rochosos diversos. Os parâmetros de controle serão continuamente aprimorados e validados durante a fase operacional, prevendo-se o uso de métodos que permitam a aferição do fenômeno e a criação de diretrizes adequadas.

4.3.8 - Medidas de Segurança e Controle

O presente item apresenta os controles a serem empregados para a manutenção da segurança geotécnica, hidrológica e hidráulica pela SAM para os 18 anos do Projeto Bloco 8.

Em termos organizacionais, a estrutura prevista pela SAM para o Projeto Bloco 8 irá considerar a implantação de equipes multidisciplinares para atendimento as questões apresentadas a seguir:

- Administração;
- Produção;
- Lavra;
- Geotecnia;
- Manutenção;
- Engenharia
- Meio Ambiente; etc.

Esta estruturação apresentará focos específicos em relação à operação do empreendimento, com destaque para a gestão integrada das barragens de água e rejeito do empreendimento com os controles dos seguintes itens:

- Engenharia de projetos;
- Fiscalização das obras de construção dos maciços iniciais e etapas de alteamento com solo e/ou rejeito grosso;
- Construção das barragens;
- Controle tecnológico dos rejeitos na planta industrial;
- Gestão dos recursos hídricos dos reservatórios;
- Gestão da disposição dos rejeitos nos reservatórios e para material de construção;
- Gestão da disposição do estéril em *Backfill*;
- Monitoramento, inspeção e controle das estruturas de disposição de estéril e rejeitos;
- Manutenção e obras de recuperação.

A estruturação apresentada será englobada em um departamento específico da estrutura organizacional a ser implantado para o Projeto Bloco 8, sendo formada por equipes multidisciplinares de Engenharia (geotecnia, hidrologia, hidráulica, concreto, estruturas) Geologia e Técnicos, etc.

Para todas as etapas dos Projetos que antecedem as fases de operação (projetos em nível conceitual, básico e detalhado), a SAM elaborou e/ou elaborará projetos de engenharia contemplando as melhores práticas de engenharia, que consideram as diretrizes, portarias e normas técnicas (Barragens de Rejeitos - NBR 13.028 (ABNT, 2017), Pilhas de Estéril - NBR 13.029 (ABNT, 2017), Estabilidade de Encostas - NBR 11.682 (ABNT, 2009), Portaria DNPM 70.389, DN COPAM Nº 87) vigentes, para balizar os estudos. O controle desta etapa dos estudos será realizado pela equipe de Engenharia de Projetos da SAM.

4.3.8.1 - Barragens de Água e Rejeitos

Nas etapas de implantação, para a garantia de segurança das estruturas de disposição dos rejeitos e água do Projeto Bloco 8, a SAM irá realizar a contratação de empresas com *expertise* na implantação e construção de barragens de rejeitos e irá realizar o acompanhamento a partir de sua equipe técnica. Durante as obras, para a garantia da boa qualidade das obras de limpeza de fundação, drenagem interna implantação dos maciços em solo compactado, drenagem superficial e sistema extravasor, a SAM contará com o auxílio de equipe de fiscalização formada por técnicos da própria empresa e de terceirizadas para a certificação das obras.

Para o projeto Bloco 8, é importante ressaltar que as atividades de disposição do estéril e do rejeito para os 18 anos de operação apresentarão processos de controle tecnológico desde sua produção (para o caso dos rejeitos) até a sua disposição, visando a segurança geotécnica e hidráulica das estruturas.

Em termos da unidade de gestão dos rejeitos gerados na planta industrial, a SAM possuirá uma equipe especializada para o manejo dos recursos hídricos dos reservatórios das barragens 1 e 2 (rejeitos) e industrial (água) e para o controle dos rejeitos do processo industrial, com a verificação das propriedades geotécnicas e hidráulicas do rejeito e disponibilidade hídrica para o empreendimento, de modo a atender as necessidades do projeto.

Como medida de controle para a gestão de ocupação dos reservatórios das barragens de rejeito (disposição hidráulica no reservatório) e material de construção para a barragem 1 (alteamento com rejeito grosso), a SAM realizará a gestão integrada dos rejeitos desde sua geração até a disposição em reservatório. Para tal, a SAM possuirá uma equipe especializada para a operação dos espessadores de alta densidade e ciclones e controle tecnológico dos rejeitos gerados (lama, grosso e fino). A planta industrial deverá gerar o rejeito nas condições estabelecidas, de modo a auxiliar a equipe de operação na gestão dos reservatórios das barragens 1 e 2, garantindo as propriedades de densidades secas, teor de sólidos de polpa, etc. Além disto, para o rejeito grosso a ser utilizado como material de construção para o alteamento da barragem 1, a partir do Ano 8, o material gerado no processo industrial deverá apresentar características específicas (percentagem da fração *silte* e argila inferior a 20% e coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-3} cm/s) para a sua utilização como material de construção.

Em termos operacionais, a SAM implantará o monitoramento geotécnico de todas as estruturas de disposição de estéril e rejeitos, de modo a auxiliar na avaliação do desempenho ao longo dos 18 anos de operação. O monitoramento geotécnico será realizado por meio de inspeções periódicas, leituras da instrumentação geotécnica (marcos superficiais, indicadores de nível d'água e piezômetros), monitoramento das vazões dos dispositivos de drenagem superficial e interna e superficial e das vazões de vertimento nas barragens do empreendimento. Em todas as etapas de operação, os níveis dos instrumentos serão balizados, a partir das cartas de riscos das estruturas, de modo a subsidiar a SAM na avaliação do comportamento geotécnico das barragens.

Além disto, deverão ser previstas auditorias externas para o acompanhamento dos desempenhos das estruturas em todas as etapas do projeto.

Para as atividades de manutenção e operação das barragens de água e rejeitos, além das recomendações técnicas apresentadas nos manuais de operação das estruturas, a SAM irá atender as diretrizes estabelecidas nas legislações vigentes no país. Para o caso do Estado de Minas Gerais, deverão ser atendidas as diretrizes da Deliberação Normativa COPAM Nº 87, de 17 de junho de 2005, e da Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, nos critérios gerais estabelecidos Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Desta forma, em função do dano potencial associado de cada barragem do empreendimento, a SAM deverá atender as recomendações da Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.

4.3.8.2 - Estrutura de Disposição de Estéril

Para o estéril a ser gerado nos 18 anos de operação, assim como para as barragens de rejeito, a SAM realizará o controle de segurança desde o início dos projetos atendendo as condições estabelecidas na NBR 13.029 (ABNT, 2017) para todas as fases de projeto (conceitual, básico e detalhado).

Para as etapas de implantação do projeto, o estéril apresentará controle tecnológico, com a avaliação das características geotécnicas e hidráulicas. Este deverá ser realizado pelo laboratório de campo durante as obras de implantação fazendo parte do controle tecnológico das barragens, sob responsabilidade da equipe de fiscalização e obras da SAM.

Para a disposição do estéril a partir do Ano 2 de operação, a SAM realizará o controle da disposição, considerando o sequenciamento da cava do projeto, respeitando os limites operacionais com as faixas de segurança na região da cava, de modo a permitir as atividades de lavra e transporte dos materiais.

Para a disposição do estéril a partir do Ano 2, a SAM garantirá o controle topográfico da ocupação da cava, dentro dos limites e geometrias previstas em projeto, para cada ano de operação. Nesta fase a equipe de operação do *backfill*, realizará o monitoramento das estruturas, com inspeções e leitura dos instrumentos, de modo a acompanhar a segurança da estrutura ao longo de sua implantação.

O monitoramento geotécnico será realizado por inspeções periódicas, leituras da instrumentação geotécnica (marcos superficiais, indicadores de nível d'água e piezômetros), monitoramento das vazões dos dispositivos de drenagem superficial e interna e superficial. Em todas as etapas de operação os níveis dos instrumentos serão balizados a partir da carta de risco, de modo a subsidiar a SAM na avaliação do comportamento geotécnico das barragens.

Caberá ainda à equipe de operação o monitoramento geométrico do aterro em estéril, considerando o abatimento dos taludes definitivos para os ângulos previstos em projeto, implantação dos dispositivos de drenagem superficial, aplicação da cobertura vegetal e implantação da instrumentação geotécnica prevista para a estrutura, ao serem atingidas as cotas de projeto.

Cabe ressaltar que as atividades de monitoramento e inspeção do *backfill* ficará a cargo de equipe multidisciplinar formada por profissionais das áreas de geotecnia. Ressalta-se que durante as operações a SAM irá realizar auditorias externas na disposição em *backfill* para a validação da sua estabilidade geotécnica, com a elaboração de laudos de segurança em periodicidade a ser definida em etapa futura.

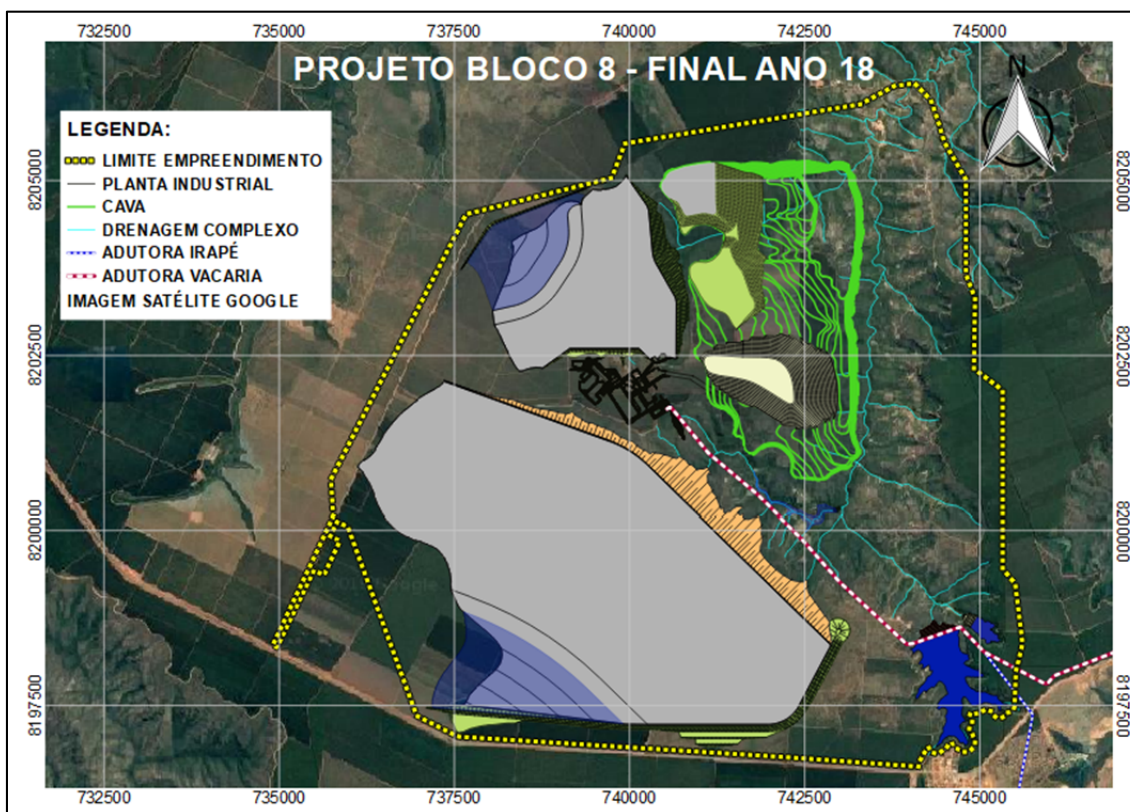
4.4 - Fase de Descomissionamento e Fechamento

O descomissionamento ou desmobilização é entendido como a etapa de desativação de um empreendimento ou parte dele, envolvendo instalações, estruturas, equipamentos e máquinas. Já o fechamento é caracterizado pela interrupção e recuperação ambiental das áreas utilizadas para a exploração pelo empreendimento ao longo de sua vida útil.

No final do Ano 18, as estruturas do Projeto Bloco 8 atingirão suas configurações finais, sendo:

- Barragem do Vale: Barragem de armazenamento de água para abastecimento da comunidade do Vale das Cancelas;
- Barragem Industrial: Barragem de armazenamento de água para abastecimento da planta industrial;
- Barragem 1: Barragem de disposição de estéril e rejeitos provenientes das atividades de mineração;
- Barragem 2: Barragem de disposição de estéril e rejeitos provenientes das atividades de mineração;
- *Backfill* - Todo o excedente de estéril não utilizado será direcionado para a cava do empreendimento, em áreas exauridas da operação, apresentando também área disponível para disposição de rejeitos.

A Figura 4.4-1 representa estas estruturas em suas configurações finais.

FIGURA 4.4-1 - Arranjo Geral Projeto Bloco 8 - Final do Ano 18 de Operação

Fonte: WALM, 2018.

No Ano 19 poderão ser iniciadas as atividades de descomissionamento e fechamento das estruturas, com exceção da barragem 2, que poderá ser descomissionada a partir do Ano 14 e das barragens de água, que serão mantidas para uso futuro.

As atividades de descomissionamento e fechamento das estruturas do Projeto Bloco 8 consistirão, basicamente, de regularização dos reservatórios, somada à execução de canais no interior dos mesmos, para direcionamento correto do fluxo, interligando também as estruturas extravasoras existentes. O aterro de regularização será compactado utilizando-se equipamentos de terraplenagem. Observa-se que, próximo à superfície, o material a ser utilizado deverá ser selecionado (material com granulometria fina), de modo a facilitar o plantio da hidrossemeadura. A partir da descaracterização do reservatório e execução dos canais, o atual sistema extravasor das barragens passará a operar como uma estrutura hidráulica de condução de drenagem superficial, como um canal periférico.

De acordo com as normas vigentes, uma barragem é descomissionada quando deixa de ser utilizada para os propósitos de capacitar a acumulação ou desvio de água (ou qualquer outra substância), ou quando for abandonada ou demolida. A descaracterização de uma barragem, com demolição parcial ou total das suas estruturas, deve ser comunicado à entidade fiscalizadora e implementada, de modo a garantir as necessárias exigências de segurança. O empreendedor deve promover a realização de um projeto de descomissionamento, apoiado em estudos detalhados da retirada de serviço da barragem, e incluindo as medidas necessárias para garantir as condições de segurança. As atividades de descomissionamento visam estabelecer soluções com viabilidade ambiental, técnica e econômica e que atendam às exigências legais e demais condicionantes aplicáveis.

Em linhas gerais, o propósito de fechamento será o de desenvolver e implementar estratégias de encerramento das atividades de mineração do projeto a um nível de custo x benefício otimizado.

O programa de fechamento será iniciado com ações de gerenciamento ambiental integrado das funções da mina e da planta de beneficiamento, ao longo de toda sua vida útil, e com a recuperação progressiva das áreas degradadas durante as operações de lavra e beneficiamento, de forma a minimizar o investimento de capital necessário para o fechamento, quando a produção for encerrada. Esse plano, posteriormente, será complementado com um adequado projeto executivo de descomissionamento e reabilitação das áreas degradadas remanescentes, devidamente adequado às exigências legais e normativas. O plano de fechamento permitirá, também, reduzir a exposição da SAM a passivos ambientais, próprios e de terceiros, durante as operações e após o encerramento da operação.

A escolha das tecnologias e a definição dos procedimentos a serem utilizados para o fechamento deverão considerar as políticas do empreendedor e dos poderes públicos, os princípios e as diretrizes de gerenciamento de meio ambiente, segurança e saúde ocupacional, bem como as avaliações de desempenho ambiental realizadas ao longo da vida útil do empreendimento e os resultados de outros estudos elaborados para esta finalidade específica. Da mesma forma, serão atendidos aos requisitos legais e normativos pertinentes.

A escolha dos métodos de fechamento e de reabilitação deverão assegurar a consecução dos objetivos específicos do descomissionamento, incluindo, dentre outros, o atendimento dos seguintes aspectos:

- A qualidade de vida, a segurança e a saúde dos públicos internos e das comunidades circunvizinhas, como objetivo maior;
- A qualidade do ar atmosférico;
- A qualidade das águas superficiais e subterrâneas e a proteção dos recursos hídricos;
- A proteção do solo, da flora e da fauna;
- A garantia de que as estruturas restantes estarão fisicamente estáveis e não sofrerão deterioração ou falha após o descomissionamento;
- A adequada proteção de todas as estruturas e utilidades de contenção de resíduos líquidos e sólidos contra erosão e carreamento de sólidos, instabilidade física e química, acidulação de águas e lixiviação de metais pesados e produtos tóxicos ou prejudiciais à saúde humana;
- A reabilitação e o retorno das áreas impactadas e degradadas a um estado compatível com os objetivos de uso futuro do solo;
- A minimização das necessidades de manutenção e de monitoramento após o fechamento;
- A identificação dos itens que poderão ter valor como sucata e aqueles que poderão ser reciclados, com a avaliação de seu valor residual, bem como daqueles que poderão ser vendidos ou transferidos como itens reaproveitáveis do ativo, visando o reaproveitamento ou a destinação final, de forma apropriada e segura, de produtos e resíduos resultantes da desmontagem e demolição de prédios, equipamentos e utilidades;
- O estabelecimento dos custos e receitas de fechamento.

Para fins de elaboração de plano de fechamento e suas atualizações, deverão ser consideradas as seguintes alternativas:

- Fechamento temporário: quando da suspensão da lavra por prazo determinado, motivada por razões técnicas ou econômicas, decidida e implementada na conformidade do que dispõe a legislação mineral vigente, a qual deverá contemplar, obrigatoriamente, a possibilidade de retomada futura dos trabalhos e, portanto, a necessidade de adequada manutenção das instalações da mina e da planta, dos prédios e dos equipamentos;
- Fechamento definitivo: motivado pela exaustão da reserva mineral ou inviabilização técnica ou econômica irreversível, parcial ou total, do empreendimento minerário.

No plano de fechamento merecerá especial atenção o gerenciamento de depósitos/barragens de rejeito e estéril de mina e/ou de qualquer outro resíduo que possa constituir passivo e representar risco futuro à segurança e à saúde pública, ou ao ambiente.

Antes do início do processo de fechamento da mina ou planta, ou de demolição de prédios industriais, será realizada uma auditoria (interna ou contratada), que terá como alvo a identificação e a avaliação ambiental de áreas de risco ou de contaminação já existentes ou potenciais, contemplando a magnitude dos riscos e a extensão da situação e suas consequências. Esta ação permitirá o planejamento e a elaboração das estratégias de remoção, transporte, destinação ou descarte e remediação.

A efetividade das ações corretivas deverá ser monitorada durante todo o período de fechamento da mina (fase de cuidados ativos) e se estender pelo período do pós-fechamento (fase de cuidados passivos).

O plano de fechamento deverá incluir a limpeza, desmontagem, remoção e descarte de equipamentos fixos e estruturas, de prédios, fundações, estradas, tubulações, sistemas de tratamento e outros serviços. Além disso, incluirá a reabilitação e o paisagismo dos diversos locais, a fim de que atinjam um estado adequado de uso futuro. Essa série de operações pode acarretar impactos ambientais de curta, média e longa duração e de magnitude variável, que necessitarão ser criteriosamente avaliados e mitigados de forma satisfatória. Entre os principais agentes causadores/receptores de impactos durante as atividades de fechamento, a serem avaliados antes do início dos trabalhos de descomissionamento, estão incluídos:

- Efluentes líquidos, recursos hídricos e qualidade das águas superficiais e subterrâneas;
- Resíduos sólidos e qualidade dos solos;
- Emissões gasosas e de particulados e qualidade do ar;
- Ruídos e vibração;
- Alterações visuais na paisagem;
- Sistemas de deposição de rejeitos, estéril de mina e minério;
- Geração de águas e contaminação de solos e águas por metais pesados;
- Subsidência de terrenos / abatimento de maciços rochosos e taludes;
- Estabilidade de taludes e de estruturas de contenção de rejeitos e estéril;
- Uso futuro do solo, restrições ao uso e gerenciamento;
- Flora e fauna;
- Deterioração de áreas reabilitadas.

Os trabalhos de reabilitação das áreas degradadas deverão ser planejados e implementados em conformidade com o uso futuro que se pretende para as mesmas e considerar as características geológicas e pedológicas locais. Os procedimentos operacionais serão suportados por avaliação prévia da adequabilidade das espécies vegetais a serem utilizadas, de análises físico-químicas dos solos, da umidade, da pluviometria e de outros fatores. Os procedimentos de reabilitação serão detalhados em ações de recuperação de áreas degradadas.

A reabilitação das áreas degradadas deverá contemplar ações de acompanhamento e manutenção, que serão implementadas a partir da conclusão da reabilitação (fase de cuidados ativos) e poderá se estender por 2 a 5 anos (fase de cuidados passivos). O planejamento dessa manutenção deverá contemplar a reaplicação de insumos e fertilizantes, a ressemeadura de áreas deficientemente germinadas, os replantios que se mostrarem necessários à correção das falhas de cobertura vegetal, o diagnóstico, a profilaxia e o controle de fatores patógenos (insetos, pragas, formigas cortadeiras, fungos etc.), a manutenção de acessos internos e, principalmente, o controle de incêndios e invasões. Todas as áreas reabilitadas deverão ser alvo de ações sistemáticas de vistoria, avaliação e supervisão ambiental por equipe técnica qualificada e apta a acompanhar a evolução da vegetação implantada e diagnosticar as necessidades de controle e monitoramento de solos, de processos erosivos, de carreamento de sólidos para cursos de água, de invasões por animais e humanos e de outras necessidades de intervenções corretivas para quaisquer problemas identificados. Sempre que necessário, deverão ser planejados e implementados programas especiais de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, de qualidade do ar, de fauna e flora e de controle de qualidade de solos (áreas potencialmente contaminadas).

A seguir são apresentadas informações mais específicas do descomissionamento das estruturas do projeto, com destaque para as de disposição de rejeito e estéril. Estas informações compiladas abaixo integram o Relatório Técnico do Plano de Descomissionamento da Disposição de Estéril e Rejeito, elaborado pela WALM Engenharia, em 2018, e apresentado no Anexo 19 do presente documento.

4.4.1 - Barragens de Rejeito e Disposição de Estéril

Para subsidiar o descomissionamento destas estruturas, a WALM Engenharia utilizou, como critérios e premissas, os itens que seguem:

- As estruturas deveram ser descaracterizadas como barragem, eliminando seu reservatório, onde ela será adequada para operar/funcionar como um aterro;
- Será considerado que o reservatório apresenta suporte para sobrecarga dos equipamentos de terraplenagem;
- Escavação de todo o material fofo, inconsolidado e orgânico superficial, estimado em no máximo 1,0 m de profundidade;
- Rejeito Classificado com Classe II B - Não Perigoso e Inerte segundo NBR 10.004 (ABNT, 2004);
- Estrutura sem a finalidade para acúmulo de sedimentos.

Como estas estruturas serão descaracterizadas como barragem, elas passarão a ser um aterro. Dessa forma, como não há normas técnicas que estabelecem fatores de segurança mínimo para taludes de corte e de aterro, o talude de jusante da estrutura foi estudado para que apresentasse fator de segurança (FS) compatível ou com a norma técnica brasileira de estabilidade de taludes/encostas - NBR 11.682 (ABNT, 2009), ou com a norma técnica brasileira de pilhas de estéril - NBR 13.029 (ABNT, 2017), uma vez que o reservatório será coberto com estéril. Dessa forma, conforme essas normas técnicas têm-se:

- NBR 11.682 (ABNT, 2009): o fator de segurança mínimo requerido para deslizamentos é obtido pelo cruzamento de uma matriz que envolve o nível desejado de segurança contra a perda de vidas humanas e o nível desejado de segurança contra danos materiais e ambientais.
- NBR 13.029 (ABNT, 2017): o fator de segurança mínimo requerido para taludes de pilhas de estéril deve considerar os seguintes aspectos.
 - o Ruptura do talude geral:
 - Superfície freática normal: $FS_{mín} = 1,50$;
 - Superfície freática crítica: $FS_{mín} = 1,30$.
 - o Ruptura do talude entre bermas: $FS_{mín} = 1,50$.

Portanto, como se trata de um projeto de descomissionamento, o fator de segurança mínimo requerido para deslizamento do talude de jusante das barragens após a sua descaracterização, de acordo com a NBR 13.029 (ABNT, 2017), deve ser igual a 1,50.

4.4.1.1 - Barragem 1

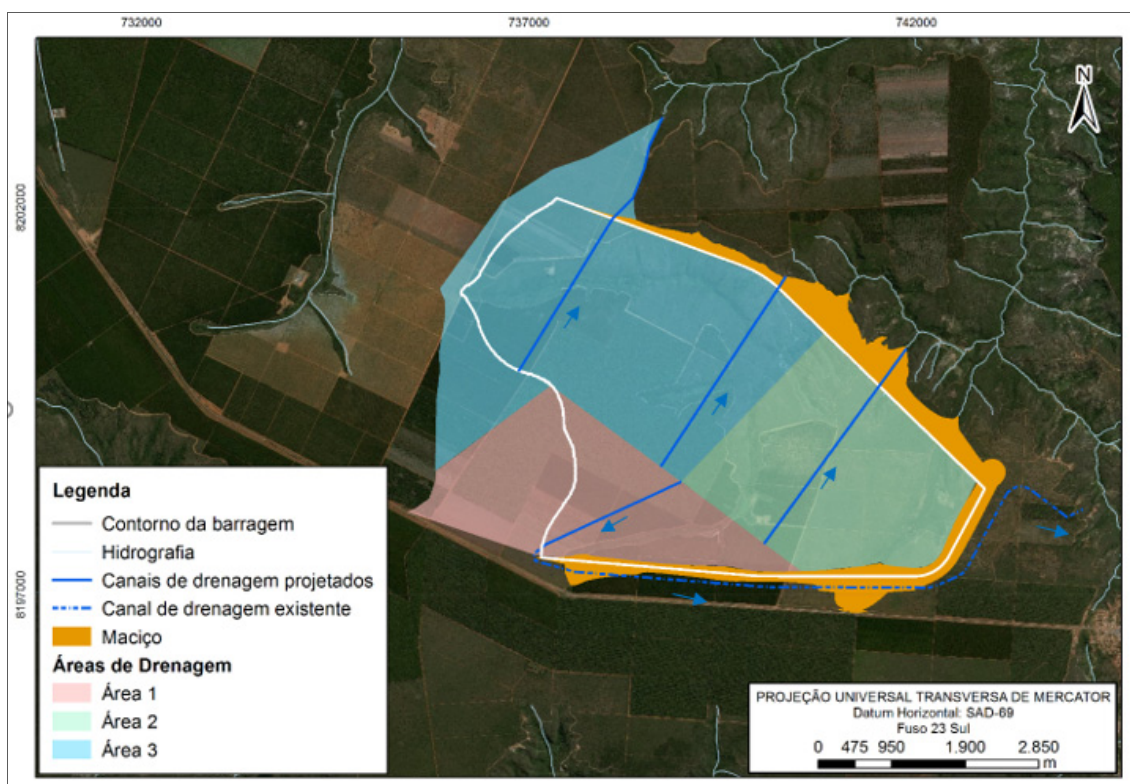
A solução apresentada para o descomissionamento da barragem 1 teve como objetivo proporcionar maior integração da estrutura com o ambiente no entorno, com adoção de intervenções mínimas que garantam a estabilização física e química da área, possibilitando um uso futuro sustentável. Para tanto, foi proposta pela WALM a regularização do reservatório com solo/estéril, de modo que ocorra a drenagem das águas pluviais em direção aos canais a serem implantados no interior do reservatório.

O aterro de regularização será compactado através do trânsito dos próprios equipamentos de terraplenagem. Observa-se que nos últimos 0,20m, próximo a superfície, o material a ser utilizado deverá ser selecionado (material com granulometria fina) de modo a facilitar o plantio da hidrossemeadura. Dessa forma, o maciço da barragem 1 será mantido, mas passará a operar como um aterro, pois o reservatório da barragem não mais existirá.

Com relação à condução da água proveniente da área de drenagem do reservatório da barragem 1, foi previsto um sistema de drenagem superficial com o objetivo de conduzir, de forma ordenada, o escoamento superficial incidente e garantir a ausência de acúmulo de água. Para tanto, foram previstos quatro canais de condução, sendo que três deles deverão transpor o antigo maciço da barragem 1, desaguardo no talvegue natural existente a jusante e um canal no interior do reservatório da barragem 1, que interligará ao sistema extravasor da estrutura que, por sua vez, desaguardará no reservatório da barragem industrial. Os canais periféricos foram concebidos com seção trapezoidal, taludes 1H:2V, revestidos em gabião, com base menor de 9,0 metros de largura e 3,0 metros de altura. Vale mencionar que, a partir da descaracterização do reservatório e execução dos canais, o atual sistema extravasor da barragem 1 passará a operar como uma estrutura hidráulica de condução de drenagem superficial, como um canal periférico. Observa-se, que para a implantação destes canais deverá ser dimensionado, nas próximas etapas do projeto, transição geotécnica, uma vez que os canais serão composto por blocos de rocha.

A Figura 4.4-2 o arranjo geral do descomissionamento da barragem 1.

FIGURA 4.4-2 - Barragem 1 - Descomissionamento - Arranjo Geral



Fonte: WALM, 2018.

Após o descomissionamento da barragem 1, o monitoramento deverá ser realizado periodicamente até o descomissionamento total da unidade. Ressalta-se também a importância do monitoramento da instrumentação ser feito durante as obras de descomissionamento, para verificar se as mesmas irão influenciar na estabilidade total da estrutura, uma vez que as obras englobam desaguardamento de todo o reservatório e implantação de aterro de regularização do reservatório.

Os estudos geotécnicos (análises de estabilidade), hidrológicos e hidráulicos considerados para o descomissionamento da barragem 1 integram o Relatório Técnico do Plano de Descomissionamento da Disposição de Estéril e Rejeito, elaborado pela WALM Engenharia, em 2018, e apresentado no Anexo 19 do presente documento.

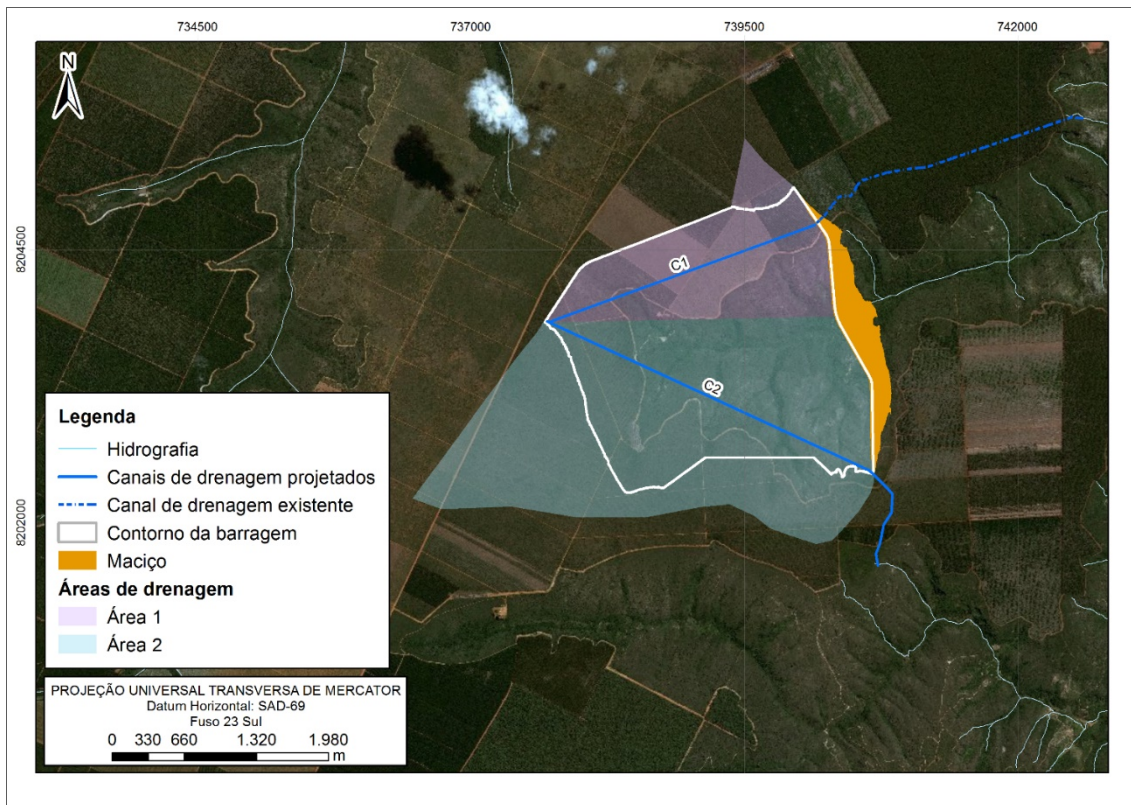
4.4.1.2 - Barragem 2

A solução prevista para o descomissionamento da barragem 2 foi a mesma adotada para a barragem 1, com a regularização do reservatório com solo/estéril, de modo que ocorra a drenagem das águas pluviais em direção aos canais a serem implantados no interior do reservatório.

O aterro de regularização será compactado através do trânsito dos próprios equipamentos de terraplenagem. Observa-se que nos últimos 0,20m, próximo a superfície, o material a ser utilizado deverá ser selecionado (material com granulometria fina) de modo a facilitar o plantio da hidrossemeadura. Dessa forma, o maciço da barragem 2 será mantido, mas passará a operar como um acesso local, pois o reservatório da barragem não mais existirá.

Para a condução, de forma ordenada, do escoamento incidente de maneira a garantir a ausência de acúmulo de água na área do reservatório da barragem 2, foram propostos dois canais de condução, sendo o primeiro conectado ao antigo sistema extravasor da barragem 2. A partir da descaracterização do reservatório e execução dos canais, o atual sistema extravasor da barragem passará a operar como uma estrutura hidráulica de condução de drenagem superficial, como um canal periférico.

A Figura 4.4-3 apresenta o arranjo geral do descomissionamento da barragem 2.

FIGURA 4.4-3 - Barragem 2 - Descomissionamento - Arranjo Geral

Fonte: WALM, 2018.

Os estudos geotécnicos (análises de estabilidade), hidrológicos e hidráulicos considerados para o descomissionamento da barragem 2 integram o Relatório Técnico do Plano de Descomissionamento da Disposição de Estéril e Rejeito, elaborado pela WALM Engenharia, em 2018, e apresentado no Anexo 19 do presente documento.

4.4.1.3 - Backfill

Como premissa de ocupação da cava, a estrutura de *backfill* deverá apresentar cota inferior a projeção máxima da cava. Para esta estrutura optou-se pela manutenção do trecho de disposição hidráulica em cota inferior à da cava do, de modo a não caracterizar a disposição de rejeitos no *backfill*, como barragem de rejeitos, pois as barragens 1 e 2, a serem construídas no córrego Lamarão e Mundo Novo, terão a capacidade de armazenar todo o rejeito requerido pela SAM. Desta forma, não haverá necessidade de descomissionamento do *backfill*.

4.4.2 - Barragens e Adutoras de Água

A barragem industrial e a barragem do Vale serão mantidas para abastecimento da comunidade do Vale das Cancelas. Ressalta-se que a barragem de Vacaria também não é objeto de descomissionamento deste estudo, uma vez que, ao final das operações da SAM na região, esse ativo poderá ser entregue ao Governo do Estado de Minas Gerais para atendimento às demandas hídricas da região.

Conforme apresentado no balanço hídrico integrado, no cenário de fechamento serão mantidas em operação a barragem do Vale, a barragem industrial e a barragem do rio Vacaria, de maneira a manter seus respectivos reservatórios para suprir demandas das comunidades existentes na região. Nesta situação, os barramentos de água irão operar de forma independente. Desta maneira, a barragem do córrego do Vale não receberá mais o aporte da barragem do rio Vacaria, sendo capaz de regularizar uma vazão de captação igual a 40 m³/h, garantindo o atendimento de uma população de cerca de 6.200 habitantes e, mantendo, ainda, a vazão mínima residual legal igual a 50% Q_{7,10} de 1,7 m³/h. Caso a população da comunidade do Vale das Cancelas atinja número de habitantes superior à capacidade desta estrutura, essa poderá ser suprida pelo reservatório da barragem industrial. A barragem industrial será capaz de regularizar uma vazão de 95,0 m³/h, garantindo uma captação de 84,4 m³/h e, ainda a manutenção do limite legal a jusante de 5,60 m³/h (50% Q_{7,10}).

A barragem do rio Vacaria poderá disponibilizar água para futuros usuários, além da manutenção de atendimento da demanda já acordada com o Governo de 4.000 m³/h, com uma vazão de 5.171 m³/h, que corresponderá à vazão demandada pela SAM durante a vida útil do Projeto Bloco 8.

As adutoras de água deixarão de funcionar, mas serão mantidas nos locais em que seus traçados foram implantados.

4.4.3 - Estruturas Industriais e de Apoio

As estruturas industriais e de apoio serão descomissionadas por meio de ações de demolição seletiva, a partir da desmontagem eletromecânica e civil e retirada dos equipamentos e máquinas de processo. A partir daí, será promovida a recomposição das áreas, de forma a se buscar a melhor integração com o contexto topográfico e ambiental, bem como o estabelecimento de ações de acompanhamento e monitoramento necessários.

4.4.4 - Cava

Basicamente, a cava terá como estruturas passíveis de reabilitação os taludes em terra, topo da cava (área periférica), estradas de acesso sem uso e perímetro da cava, limitando-se às superfícies em solo. Tais locais serão alvo de subsolagem, revegetações primárias e secundárias, manutenção e acompanhamento dos plantios, manejo e fomento da sucessão natural, bem como aplicação de medidas de segurança para proteção periférica. Os taludes em rocha passarão por avaliação de segurança e de sistemas de drenagens, porém, não serão submetidos às atividades de revegetação. O fundo da cava receberá o enchimento de água.

Há que se ressaltar que, à medida que a lavra for avançando e que áreas já trabalhadas e exauridas forem sendo liberadas, medidas de reabilitação serão aplicadas, de forma a mitigar impactos como dispersão de particulados, processos erosivos, carreamento de sólidos, entre outros.

4.4.5 - Linha de Transmissão

A linha de transmissão não será desativada pois passará a integrar a rede básica do sistema elétrico nacional.

4.5 - Referências Bibliográficas

- AECOM. Estudos de Avaliação de Geração de Drenagem Ácida na Área da Sul Americana de Metais S.A na Região do Vale das Cancelas - MG. Agosto de 2011.
- DAM PROJETOS DE ENGENHARIA. Projeto Conceitual da Barragem do rio Vacaria. BSU-C-BV-RE-004-1. Maio de 2013.
- DAM PROJETOS DE ENGENHARIA. Estudos Complementares e Esclarecimentos Solicitados sobre o Projeto Conceitual. BSU-C-BV-RE-008-3. Novembro de 2015.
- DAVIES, M. P. and S. RICE (2001). *An alternative to conventional tailing management - "dry stack" filtered tailings*, AMEC Earth & Environmental, Vancouver, Canada 2010.
- FOURIE, A.B. (2012). *Perceived and realised benefits of paste and thickened tailings for surface deposition*. ACG - Australian Centre for Geomechanics - *Proceedings of the 15th International Seminar on Paste and Thickened Tailings - Paste 2012*. Sun City, South Africa.
- ICOLD and UNEP. Bulletin 121: Tailings Dams - *Risk of Dangerous Occurrences, Lessons learnt from practical experiences*. Paris, 2001;
- MULTIPLUS ENGENHARIA E CONSULTORIA. Estudos para Aproveitamento de Rejeitos de Lavra da Jazida Mineral da Área do Bloco 8. MINA_BLC8008-1010-G-RE-01_R01. Setembro de 2018.
- PATERSON & COOKE (2018). *Test Work for Engineering Desing. Paste and Thickened Tailings Short Course - Paste 2018*.
- THERIAULT J.A.; FROSTIAK J.; WELCH D. *Surface Disposal of Past Tailings at the Bulyanhulu Gold Mine, Tanzania. PROCEEDINGS OF SUDBURY MINING AND ENVIRONMENT CONFERENCE*. EDS G. SPIERS, P. BECKETT, H. CONROY, 2003;
- RS ENGENHARIA E CONSULTORIA. Memorial Descritivo do Empreendimento. ENERGIA_VRP001-2730-I-MD-01_R01. Janeiro de 2017.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração PAEBM Barragem 1 EL. 935,0 m. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-23_R01. 2018.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração PAEBM Barragem 2 EL. 888,0 m. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-22_R01. 2018.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração PAEBM Barragem do Vale EL. 860,0 m. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-21_R01. 2018.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração PAEBM Barragem Industrial EL. 888,0 m. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-20_R00. 2018.

- SUL AMERICANA DE METAIS. Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração PAEBM Barragem do Rio Vacaria EL.639,0 m. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-25_R00. 2018.
- BRANDT MEIO AMBIENTE. Modelamento de Dispersão Atmosférica do Complexo Minerário. Projeto Bloco 8 da Sul Americana de Metais. Dezembro de 2018.
- BRANDT MEIO AMBIENTE. Estudo da Pluma de Turbidez Resultante da Onda de Ruptura Hipotética da Barragem de Rejeitos 1. Dezembro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório Técnico Plano de Descomissionamento. MINA_BLC8007-1010-G-RE-26 / WBH28-17-SAM-RTE-0026. Novembro de 2018.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Britagem Primária. Arranjo. BLC8-2110-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Peneiramento. Arranjo. BLC8-2120-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Britagem Secundária. Arranjo. BLC8-2130-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pilha Pulmão. Arranjo. BLC8-2170-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pré-Moagem HPGR. Arranjo. BLC8-2210-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Moagem Primária. Remoagem de Grossos. Remoagem de Finos. Arranjo. BLC8-2220-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pré-Concentração de Grossos WHIMS de Grossos. Arranjo. BLC8-2310-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pré-Concentração de Grossos WDRE. Arranjo. BLC8-2311-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pré-Concentração de Finos WHIMS. Arranjo. BLC8-2320-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pré-Concentração de Finos WDRE. Arranjo. BLC8-2321-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Pré-Concentração Scavenger. Arranjo. BLC8-2330-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Flotação de Grossos. Arranjo. BLC8-2520-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Flotação de Finos. Arranjo. BLC8-2530-M-0001_R00.

- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Ciclones do Rejeito. Arranjo. BLC8-2622-M-0002_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Sistema de Água Industrial / Utilidades / Bombeamento do Reservatório Elevado. Arranjo. BLC8-2633-M-0001_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Britagem Primária e Secundária, Peneiramento e Pilha Pulmão. BLC8-2010-P-0004_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Pré-Moagem, Moagem Primária e Classificação. BLC8-2010-P-0005_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Pré-Concentração Magnética de Grossos/Finos e Deslamagem de Finos. BLC8-2010-P-0006_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Pré-Concentração Magnética Scavenger. BLC8-2010-P-0007_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Remoagem de Finos / Desaguamento de Finos. BLC8-2010-P-0008_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Remoagem de Grossos / Deslamagem de Grossos Remoídos. BLC8-2010-P-0009_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Flotação de Grossos Remoídos. BLC8-2010-P-0010_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Flotação de Finos Remoídos. BLC8-2010-P-0011_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Espessador de Concentrado/Rejeito - Sistema de Água para Flotação. BLC8-2010-P-0012_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Espessador de Lamas / Água para Deslamagem / Água para Processo. BLC8-2010-P-0013_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Sistema de Água de Processo - Sistema de Captação e Adução de Água Nova. BLC8-2010-P-0014_R00.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Usina de Tratamento de Minério. Fluxograma de Processo com Balanço de Massa. Balanço de Água. BLC8-2010-P-0015_R00.

- SUL AMERICANA DE METAIS. Caracterização do Empreendimento Barragem do Rio Vacaria. BLC8-0010-G-RE-07_R00 VACARIA. Outubro de 2018.
- SUL AMERICANA DE METAIS. Projeto Conceitual. Geral. Engenharia. Caracterização do Empreendimento Projeto Bloco 8. BLC8-0010-G-RE-07. Julho de 2018.
- VALENZUELA, L. (2015). *Tailings Dams and Hydraulic Fills-The 2015 Casagrande Lecture, XV Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Buenos Aires, 2015*.
- VENTURINI CONSULTORIA / NCL BRASIL. Projeto Conceitual de Lavra. MINA_VRP005-1010-D-RE-01_R02. Outubro de 2017.
- VENTURINI CONSULTORIA. Revisão do Plano de Lavra. MINA_BLC8005-1010-G-RE-01_R02. Agosto de 2018.
- VMA ENGENHARIA DE EXPLOSIVOS E VIBRAÇÕES. Avaliação Sismográfica e Simulações Projeccionais referentes ao Projeto Bloco 8. Número 035/18 Rev.02 / MINA_BLC8007-1010-G-RE-50_R01. Maio de 2018.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Editora UFMG, 1996. 452 p.
- WALM ENGENHARIA. Relatório Técnico Atualização do Modelo Hidrogeológico do Complexo Minerário Projeto Bloco 8 - Modelo Hidrogeológico Conceitual. MINA_BLC8007-1010-G-RE-04 / WBH28-17-SAM-RTE-0004. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório Técnico Atualização do Modelo Hidrogeológico do Complexo Minerário Projeto Bloco 8 - Modelo Numérico Hidrogeológico Conceitual. MINA_BLC8007-1010-G-RE-05 / WBH28-17-SAM-RTE-0005. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório Técnico Balanço Hídrico Integrado Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-07 / WBH28-17-SAM-RTE-0007. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório do Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem 1. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-15 / WBH28-17-SAM-RTE-0015 . Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório do Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem 2. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-14 / WBH28-17-SAM-RTE-0014. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório do Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem do Vale. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-13 / WBH28-17-SAM-RTE-0013. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Relatório do Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem Industrial. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-12 / WBH28-17-SAM-RTE-0012. Outubro de 2018.

- WALM ENGENHARIA. Relatório do Estudo de Ruptura Hipotética (*Dam Break*) da Barragem do Rio Vacaria. Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-17 / WBH28-17-SAM-RTE-0017. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Estudo Conceitual. Barragem do Vale. Arranjo Geral - Planta e Seção Típica. MINA_BLC8007-1010-0-017_R00.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Conceitual. Barragem Industrial. Arranjo Geral - Planta e Seção Típica. MINA_BLC8007-1010-0-24_R00.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Conceitual. Barragem 1 EL. 890,00 m (Etapa Inicial). Arranjo Geral - Planta e Seções Típicas. MINA_BLC8007-1010-0-64_R00.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Conceitual. Barragem 1 EL. 935,00 m (Etapa Final). Arranjo Geral - Planta e Seções Típicas. MINA_BLC8007-1010-0-65_R00.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Conceitual. Barragem 2 EL. 890,00 m (Etapa Inicial). Arranjo Geral - Planta e Seções Típicas.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Conceitual. Barragem 2 EL. 915,00 m (Etapa Final). Arranjo Geral - Planta e Seções Típicas.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Conceitual. Backfill. Arranjo Geral - Planta e Seções Típicas.
- WALM ENGENHARIA. Avaliação de Sismicidade Natural. MINA_BLC8007-1010-G-RE-34 / WBH28-17-SAM-RTE-0034. Revisão 01. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Memorial de Caracterização Projeto Bloco 8. MINA_BLC8007-1010-G-RE-09 / WBH28-17-SAM-RTE-0009. Revisão 02. Outubro de 2018.
- WALM ENGENHARIA. Projeto Bloco 8. Apresentação de Alternativas para Disposição de Rejeitos. Outubro de 2018.
- WATSON, A. H., CORSER, P. G., GARCES PARDO, E. E., LOPEZ CHRISTIAN, T. E., VANDEKEYBUS. J. (2010). *A comparison of alternative tailings disposal methods - the promises and realities*. ACG - Australian Centre for Geomechanics - Mine Waste 2010. Perth, Australia.

ANEXOS

**ANEXO 1 - PROTOCOLOS DE INTENÇÃO ASSINADOS
COM O GOVERNO DE MINAS GERAIS / DECLARAÇÃO
DE COMPROMISSO PÚBLICO PARA NEGOCIAÇÃO
FUNDIÁRIA**

ANEXO 2 - PLANO DIRETOR, ARRANJOS GERAIS E FLUXOGRAMAS DE PROCESSO

**ANEXO 3 - DECLARAÇÕES MUNICIPAIS DE
CONFORMIDADE COM O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
DE JOSENÓPOLIS, FRUTA DE LEITE, GRÃO MOGOL E
PADRE CARVALHO**

ANEXO 4 - MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

ANEXO 5 - MODELO HIDROGEOLÓGICO NUMÉRICO

**ANEXO 6 - BALANÇO HÍDRICO INTEGRADO /
PARECER TÉCNICO RELATIVO AOS ESTUDOS DE
BALANÇO HÍDRICO E HIDROGEOLÓGICOS**

ANEXO 7 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (*DAM BREAK*) - BARRAGEM 1

ANEXO 8 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (*DAM BREAK*) - BARRAGEM 2

ANEXO 9 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (*DAM BREAK*) - BARRAGEM DO VALE

ANEXO 10 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (*DAM BREAK*) - BARRAGEM INDUSTRIAL

ANEXO 11 - ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA (*DAM BREAK*) - BARRAGEM DO RIO VACARIA

ANEXO 12 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM 1

ANEXO 13 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM 2

ANEXO 14 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM DO VALE

ANEXO 15 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM INDUSTRIAL

ANEXO 16 - PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM DO RIO VACARIA

ANEXO 17 - RELATÓRIOS DE SISMO NATURAL E DESENCADEADO POR DETONAÇÃO

ANEXO 18 - MODELAMENTO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

ANEXO 19 - RELATÓRIO TÉCNICO DO PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO DA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

ANEXO 20 - PROJETOS CONCEITUAIS DAS BARRAGENS E *BACKFILL*

ANEXO 21 - RESPALDO TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS PARA DISPOSIÇÃO DOS REJEITOS

**ANEXO 22 - MAPAS REPRESENTATIVOS DA DILUIÇÃO
DE TURBIDEZ EM ÁREA DE SIMULAÇÃO DE *DAM*
BREAK DA BARRAGEM 1**

