

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

FÁBIO ALMEIDA CHAVES

**SELEÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTES INDUSTRIAIS PARA
UM PROJETO DE MINERAÇÃO EM SUPERFÍCIE: MINERODUTO,
CAMINHÕES FORA DE ESTRADA E TRANSPORTADORES DE CORREIA**

SANTOS/SP

2015

FÁBIO ALMEIDA CHAVES

**SELEÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTES INDUSTRIAIS PARA
UM PROJETO DE MINERAÇÃO EM SUPERFÍCIE: MINERODUTO,
CAMINHÕES FORA DE ESTRADA E TRANSPORTADORES DE CORREIA**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior.

SANTOS/SP

2015

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Chaves, Fábio Almeida

Seleção de Sistemas de Transportes Industriais para um Projeto de Mineração em Superfície: Mineroduto, Caminhões Fora de Estrada e Transportadores de Correia.

/ Fábio Almeida Chaves. -- 2015.

n. de f.159

Orientador: Prof. Dr. Deovaldo de Moraes Júnior.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2015.

1. Mineroduto. 2. Transportadores de Correia.
3. Caminhões. 4. Concentrado Fosfático.

I. Moraes Júnior, Deovaldo, orient.

. III. Seleção de Sistemas de Transportes Industriais para um Projeto de Mineração em Superfície: Mineroduto, Caminhões Fora de Estrada e Transportadores de Correia.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Hélio Silva Chaves e Lacimi Almeida Chaves, que nunca mediram esforços para me incentivar, bem como investir na minha formação acadêmica e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois sem o desejo Dele este trabalho não se tornaria realidade;

Às minhas avós Adelina Tolentina de Almeida (*in memorian*) e Generosa Alves da Silva (*in memorian*) pelo amor, carinho e proteção;

Ao meu pai Sr. Hélio Silva Chaves e à minha mãe Sra. Lacimi Almeida Chaves que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas e são os meus pilares de sustentação na vida, principalmente pelos respectivos históricos de superação, dedicação, disciplina e empenho;

Aos meus tios Osvaldo Alves de Almeida e Maria Isabel Moreno Palma de Almeida pelo apoio, confiança e incentivo em todos os momentos;

Ao meu primo Flávio Moreno Palma de Almeida pela amizade, atenção e dedicação em todos os momentos;

À Fernanda de Jesus Vieira, pelo amor, companheirismo e carinho em todos os momentos;

Aos gestores da VALE S.A Luiz Cláudio de Teixeira Nunes e Paulo de Tarso de Alexandria Cruz, pelo suporte, compreensão e confiança em todos os momentos;

Aos gestores da VALE Fertilizantes S.A Marcio Marques Varela, Maurício Xavier, Ivan Viviane e José Carlos Penna Wageck, pela amizade, reconhecimento profissional e confiança em todos os momentos;

Ao Professor Dr. Deovaldo de Moraes Júnior pelos ensinamentos, suporte, amizade, paciência, dedicação e orientação desde a graduação até a pós-graduação;

Ao Professor Dr. Luiz Renato Bastos Lia por ter contribuído com este trabalho, assim como ter aceitado a minha transferência na graduação da Escola de Engenharia Mauá para a UNISANTA;

Aos Professores Dr. Aldo Ramos, Dr. João Inácio da Silva e Dra. Marlene Silva de Moraes pelas significativas contribuições no processo de revisão deste trabalho;

Aos Professores Dr. Mohamed Habib e Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco pelos ensinamentos, orientações acadêmicas e compartilhamento de visão de mundo;

Às secretárias do mestrado Sandra Helena de Araújo e Imaculada Scorza, pelas orientações e suporte ao longo do curso;

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UNISANTA pelo aprendizado, dedicação e apoio;

Aos colegas de classe do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UNISANTA, em especial ao Paulo Menezes e ao Marcelo Coelho, pelo aprendizado e agradável convívio;

À Escola de Engenharia Mauá por ter me subsidiado com a base teórica da engenharia no período da graduação;

À Fundação Getúlio Vargas por ter agregado valor aos meus conhecimentos em gestão, logística e finanças empresariais;

À UNISANTA por ter me proporcionado o aprendizado prático da engenharia no período da graduação, assim como pela nova oportunidade em adquirir e compartilhar conhecimento no mestrado;

À FIGENER ENGENHEIROS ASSOCIADOS pelo apoio técnico nos estudos de engenharia;

À VALE e a VALE Fertilizantes S.A pelo suporte técnico em operações minerais e subsídio financeiro;

À Anglo American S.A pela troca de experiências sobre operações minerais convencionais;

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão do meu mestrado.

“Talento é 1% inspiração
e 99% transpiração”.

Thomas Edison

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo apresentar um método para comparar sistemas de transportes industriais, de um projeto de mineração em superfície. Os sistemas de transporte avaliados foram: transporte hidráulico (mineroduto), transportadores de correia de longa distância (TCLD) e caminhões fora de estrada. Como resultado, avaliaram-se os impactos no custo de capital, custo operacional, consumo de energia e gases de efeito estufa de cada sistema supramencionado para uma distância entre 8 e 9 km. Estabeleceu-se como melhor sistema de transporte industrial, aquele com o menor valor dos custos totais levando-se em consideração o nível de produção. A avaliação foi complementada com o menor Valor Presente Líquido (VPL). Caso houvesse uma equivalência na avaliação dos custos dos sistemas estudados, o menor valor do consumo específico de energia seria considerado o indicador secundário do processo decisório. Mediante os critérios mencionados, verificou-se que o mineroduto, mesmo sendo menos eficiente energeticamente entre os sistemas estudados (0,00763 Gcal/t), foi considerado a melhor alternativa de transporte industrial de concentrado fosfático, pelo fato dos transportadores de correia de longa distância terem sido 43% mais caros que tal sistema, bem como os caminhões fora de estrada 12% mais onerosos.

Palavras-chave: mineroduto. transportadores de correia. caminhões. concentrado fosfático.

ABSTRACT

This study aimed to present a method for comparing industrial transportation systems, of a phosphate concentrate surface mining project, within the fertilizer sector. The transportation systems assessed were: hydraulic transport (ore pipeline), long distance belt conveyors (LDBC) and off-road trucks. As a result, the impacts on capital cost, operating cost, energy consumption and greenhouse gas emissions of each of the above mentioned systems for a distance of 8 to 9 km, were assessed. The best industrial transportation system, was established as being the one that had the lowest amount of total costs, taking into account the level of production. The evaluation was complemented with the lowest Net Present Value (NPV). In the event of a tie in the cost assessment of the systems studied, the lowest amount of specific energy consumption would be considered as secondary indicator for the decision making process. In light of the above criteria, it was found that the ore pipeline, albeit the least energy efficient among the systems studied (0.00763 Gcal/t) was regarded as being the best industrial transportation system for phosphate concentrate, this because long distance belt conveyors being 43% more expensive than the latter system, as well as off-road trucks also being 12% more expensive.

Keywords: ore pipeline. belt conveyors. trucks. phosphate concentrate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1–Representação esquemática da metodologia FEL.....	28
Figura 2–Fluxograma típico de processamento mineral	32
Figura 3–Britador primário	33
Figura 4–Britador secundário	34
Figura 5–Moinho de bolas	35
Figura 6–Peneira vibratória	36
Figura 7–Célula de flotação	39
Figura 8–Espessador	40
Figura 9–Filtro a vácuo	41
Figura 10–Uso da água no processo mineral em função de reuso.....	41
Figura 11–Índice de recirculação de água por tipologia de minério	42
Figura 12–Sistema de bombeamento de água.....	43
Figura 13–Bombeamento de polpa mineral de fosfato via mineroduto.....	44
Figura 14–Mineroduto entre Paragominas e Bacarena no Pará.....	45
Figura 15–Transportador de correia	46
Figura 16–Caminhão fora de estrada.....	47
Figura 17–Representação gráfica de um fluxo de caixa	52
Figura 18–Representação gráfica de gastos fixos	57
Figura 19–Representação gráfica de gastos variáveis	58
Figura 20–Representação gráfica de gastos semivariáveis	59
Figura 21–Tela principal do sistema de informação de energia	61
Figura 22–Índices de controle do sistema de informação de energia	63
Figura 23–Balanço de energia elétrica do sistema de informação de energia.....	63

Figura 24–Balanco de óleo diesel do sistema de informação de energia .	64
Figura 25–Fatores de emissão das margens de operação e de construção	67
Figura 26–Aba 0 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	77
Figura 27–Aba 1 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	77
Figura 28–Aba 2 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	78
Figura 29–Aba 3 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	78
Figura 30–Aba 4 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	79
Figura 31–Aba 5 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	79
Figura 32–Aba 6 do simulador 13-214-27-MC-P-02.....	80
Figura 33 - Custo de capital dos sistemas de transportes	83
Figura 34 - Custo operacional dos sistemas de transportes.....	83
Figura 35 - Custo total dos sistemas de transportes	83
Figura 36 – Valor Presente Líquido dos sistemas de transportes	84
Figura 37 - Consumo específico de energia dos sistemas de transportes	84
Figura 38 - Emissões de gases de efeito estufa dos sistemas de transportes.....	84
Figura 39–Fluxograma esquemático do mineroduto	126
Figura 40–Arranjo físico do Terminal de Rocha	127
Figura 41–Fluxograma esquemático do transporte por caminhões	133
Figura 42–Disposição dos equipamentos do sistema de transporte por caminhões.....	134
Figura 43–Fluxograma esquemático do transporte via TCLD.....	135
Figura 44–Disposição dos equipamentos do sistema de transporte via TCLD.....	136
Figura 45–Plano diretor do Terminal de Rocha	137

Figura 46–Perda de carga do mineroduto com concentrado convencional	138
Figura 47–Perda de carga do mineroduto com concentrado ultrafino....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–Classificação dos estágios de britagem	34
Tabela 2–Exemplo de análise do método do payback descontado	55
Tabela 3–Fatores de emissão para combustíveis e potenciais de aquecimento	65
Tabela 4–Cálculo do fator de emissão de CO ₂ da margem combinada do SIN	67
Tabela 5–Dados de produção de minério conforme documento S-CP-1100-20-3501-01	70
Tabela 6–Dados de produção de concentrado fosfático nas condições de transporte hidráulico (mineroduto).....	71
Tabela 7–Dados de produção de concentrado fosfático nas condições de transferência para transporte ferroviário	72
Tabela 8–Descrições e índices dos equipamentos e sistemas eletromecânicos	72
Tabela 9 – Descrições e índices das obras civis e da infraestrutura predial	73
Tabela 10 – Descrições e índices da montagem eletromecânica	74
Tabela 11 – Descrições e índices de engenharia, gerenciamento e custos diversos.....	75
Tabela 12–Dados de operação do mineroduto	91
Tabela 13– Resumo do investimento estimado do mineroduto	95
Tabela 14–Consumo energético do mineroduto.....	96
Tabela 15–Custo total de transporte do mineroduto.....	96
Tabela 16–Dados de operação dos caminhões	100
Tabela 17– Resumo do investimento estimado para os caminhões.....	101
Tabela 18–Consumo energético dos caminhões	102
Tabela 19 – Principais valores do cálculo do frete dos caminhões.....	103

Tabela 20–Custos totais de transporte por caminhão	104
Tabela 21–Dados de operação do TCLD	107
Tabela 22–Resumo do investimento estimado para o TCLD.....	108
Tabela 23–Consumo energético do TCLD.....	109
Tabela 24–Custos totais de transporte via TCLD	109
Tabela 25–Valores de investimentos para cada sistema de transporte ..	110
Tabela 26–Custos por concentrado transportado baseado no CAPEX...	111
Tabela 27–Custos por concentrado transportado baseado no OPEX.....	112
Tabela 28–Custos totais de transporte.....	112
Tabela 29–Valor Presente Líquido dos sistemas de transporte.....	113
Tabela 30–Consumo energético absoluto das alternativas de transporte	115
Tabela 31–Consumo específico de energia das alternativas de transporte	115
Tabela 32– Resumo dos insumos e emissões de t CO₂/ano dos sistemas de transporte	116
Tabela 33– Emissões de t CO₂ dos sistemas de transporte ao fim da vida útil do empreendimento.....	116
Tabela 34– Potência instalada dos principais equipamentos do sistema de transporte hidráulico.....	129
Tabela 35– Cálculo da potência dos conjuntos de bombas	139
Tabela 36– Resumo do cálculo do TCLD	140

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BS – Base Seca

BU – Base Úmida

CAPEX – Capital Expenditure

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CONPET – Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

Conv – Concentrado Convencional

EPA – Environmental Protection Agency

FEL – Metodologia Front-End Loading

GEE – Gases de Efeito Estufa

GHG Protocol – Greenhouse Gas Protocol

I&C – Instrumentação e Controle

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPA – Independent Project Analysis

IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change

MCTI – Ministério de Ciências e Tecnologia e Inovação

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio Exterior

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NR – Normas Regulamentadoras

OD – Óleo Diesel

OPEX – Operational Expenditure

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PMBOK - Project Management Body of Knowledge

PMI – Project Management Institute

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROESCO – Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética

SGE – Sistema de Gestão de Energia

SIN – Sistema Interligado Nacional

TCLD – Transportador de Correia de Longa Distância

TIR – Taxa Interna de Retorno

UF – Concentrado Ultrafino

VLP – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	20
1.2 JUSTIFICATIVA	22
1.3 OBJETIVO GERAL	23
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 PROJETOS	26
2.1.1 Metodologia FEL (FRONT-END LOADING).....	26
2.1.2 FEL 1 – Análise do negócio	28
2.1.3 FEL 2 – Desenvolvimento do negócio.....	29
2.1.4 FEL 3 – Planejamento da implantação	30
2.1.5 Execução	30
2.1.6 Operação	31
2.2 PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO MINERAL.....	31
2.2.1 Cominuição	32
2.2.2 Britagem.....	33
2.2.3 Moagem	34
2.2.4 Peneiramento	36
2.2.5 Classificação	36
2.2.6 Concentração.....	37
2.2.6.1 Concentração Gravítica.....	38
2.2.6.2 Concentração Magnética	38
2.2.6.3 Flotação	38
2.2.7 Desaguamento.....	39
2.2.7.1 Espessamento	39
2.2.7.2 Filtragem	40
2.2.7.3 Reuso de água.....	41
2.2.8 Estocagem e disposição de rejeitos.....	42
2.3 TIPOLOGIA DE TRANSPORTES NA MINERAÇÃO.....	43
2.3.1 Transportes de líquidos.....	43
2.3.2 Transportes de sólidos.....	45
2.4 NORMAS DE SEGURANÇA NA MINERAÇÃO	48

2.5	BALANÇO GLOBAL DE MASSA	49
2.6	CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS	50
2.6.1	Análise de investimento	50
2.6.2	Avaliação dos ganhos	51
2.6.3	Fluxo de caixa	51
2.6.4	Análise de viabilidade de projetos	52
2.6.4.1	Valor presente líquido – VPL.....	52
2.6.4.2	Taxa interna de retorno – TIR	53
2.6.4.3	“Payback” descontado.....	55
2.6.5	Terminologias CAPEX e OPEX.....	55
2.6.6	Gastos.....	56
2.6.6.1	Gastos fixos	57
2.6.6.2	Gastos variáveis.....	58
2.6.6.3	Gastos semivariáveis	59
2.7	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	59
2.7.1	Sistema de informação de energia.....	61
2.7.2	Índices de controle	62
2.8	EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	64
2.8.1	Emissões evitadas resultantes da economia de combustível	64
2.8.2	Emissões evitadas resultantes da economia de energia elétrica	65
	3. MATERIAL E MÉTODOS.....	68
3.1	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	68
3.1.1	Memoriais descritivos, relatórios e critérios de projeto	68
3.1.2	Listas técnicas.....	69
3.1.3	Fluxogramas	69
3.1.4	Plantas	69
3.2	DADOS DE PRODUÇÃO DE CONCENTRADO FOSFÁTICO.....	70
3.3	INVESTIMENTO REQUERIDO (CAPEX)	72
3.3.1	Equipamentos e sistemas eletromecânicos	72
3.3.2	Obras civis	73
3.3.3	Montagem eletromecânica.....	74
3.3.4	Engenharia, gerenciamento e custos diversos.....	74
3.4	CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	75

3.5	CUSTO DE CAPITAL	75
3.6	SISTEMAS DE TRANSPORTES INDUSTRIAIS AVALIADOS.....	76
	4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.1	ALTERNATIVA A – TRANSPORTE HIDRÁULICO (MINERODUTO) .	85
4.1.1	Descrição geral do Mineroduto	85
4.1.2	Dados da operação do Mineroduto	90
4.1.3	Estimativa de investimento do Mineroduto.....	92
4.1.4	Estimativa de custos de operação e manutenção do Mineroduto	95
4.1.5	Custos totais de transporte do Mineroduto.....	96
4.2	ALTERNATIVA B – TRANSPORTE POR CAMINHÕES.....	96
4.2.1	Descrição geral do transporte por Caminhões	96
4.2.2	Dados de operação do transporte por Caminhões.....	99
4.2.3	Estimativa de investimento do transporte por Caminhões ...	101
4.2.4	Estimativa de custos de operação e manutenção – frete.....	102
4.2.5	Custos totais de transporte por Caminhões	104
4.3	ALTERNATIVA C – TRANSPORTADORES DE CORREIA DE LONGA DISTÂNCIA (TCLD)	104
4.3.1	Descrição geral do TCLD	104
4.3.2	Dados de operação do TCLD.....	107
4.3.3	Estimativa de investimento – TCLD	108
4.3.4	Estimativa de custo de operação e manutenção – TCLD ...	109
4.3.5	Custos totais de transporte via TCLD	109
4.4	ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA	110
4.4.1	Avaliação econômica	110
4.4.1.1	Investimentos	110
4.4.1.2	Custos de operação e manutenção	111
4.4.1.3	Custos totais e Valor Presente Líquido	112
4.4.2	Avaliação técnica e outros aspectos	113
4.4.2.1	Implantação.....	114
4.4.2.2	Aspectos operacionais	114
4.4.2.3	Aspectos energéticos	114
4.4.2.4	Aspectos de emissões de gases de efeito estufa	115
	5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	117

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS.....	126
ANEXO A – FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO - TRANSPORTE HIDRÁULICO (MINERODUTO).....	126
ANEXO B – ARRANJO FÍSICO DO TERMINAL DE ROCHA	127
ANEXO C – CONSUMO ELÉTRICO DO MINERODUTO	128
ANEXO D – FLUXOGRAMAS ESQUEMÁTICOS DO TRANSPORTE POR CAMINHÕES	133
ANEXO E – FLUXOGRAMAS ESQUEMÁTICOS DO TRANSPORTE VIA TCLD	135
ANEXO F – PLANO DIRETOR DO TERMINAL DE ROCHA E AS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE.....	137
ANEXO G – RESUMO DO CÁLCULO DO MINERODUTO	138
ANEXO H – RESUMO DO CÁLCULO DO TCLD	140
ANEXO I – FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO (13-214-27-MC-P-02).....	141
ANEXO J – ENCAMINHAMENTO DAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE (13-214-27-DE-M-01).....	158
ANEXO K – PERFIL DO TCLD (13-214-27-DE-M-02)	159

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

As minerações a céu aberto fora do Brasil, notadamente nos Estados Unidos, Canadá, África do Sul, Austrália e Ásia, tiveram um desenvolvimento, de modo geral, mais harmônico por muitas delas terem tido uma decisão arrojada desde sua implantação, ou seja, de utilizar equipamentos mais adequados em menor número e de maior porte. Connoly & Orsmond (2011) demonstraram a evolução da indústria de mineração considerando as receitas, os investimentos e a empregabilidade ao longo de 45 anos de existência.

No Brasil, sempre houve muita limitação nas decisões para equipar as minas desde o seu início, tendo em vista os elevados investimentos necessários para se adquirir os equipamentos mais adequados e a pouca capacidade de se levantar os empréstimos externos a juros mais baixos.

A indústria de mineração de fosfato assume importância crescente na economia global, pois o crescimento da renda per capita nas economias emergentes aumenta também o consumo de alimentos. Sobre o efeito da crise mundial, as operações e projetos, necessitam cada vez mais de um controle e monitoramento rigoroso em seus custos de capital e operacional, assim como nos seus índices de controle energético e ambiental. Burt & Caccetta (2013) descreveram os problemas na seleção de equipamentos ou sistemas no contexto de uma mineração de superfície.

A rocha fosfática ou concentrado fosfático é uma matéria-prima de grande importância, porque é o elo-base na cadeia de mineração de fosfato, insumo fundamental da agricultura. A produção brasileira de rocha fosfática está localizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, próxima aos principais mercados consumidores. Não se trata de um mercado concorrencial, pois existe forte concentração da oferta. Os preços desta *commodity* no Brasil tendem a refletir os movimentos dos preços internacionais, a que se somam,

no Brasil, atividades de formação artificial (especulativa) do preço com estoques elevados, constituídos a partir das compras por importações.

O trabalho em questão teve como finalidade apontar a alternativa de melhor viabilidade econômica dentre os sistemas de transportes industriais estudados, considerando os investimentos e os custos operacionais ao longo da vida útil dos equipamentos. Adicionalmente, requereu-se identificar vantagens e desvantagens técnicas, principalmente energéticas e ambientais, de cada alternativa, produzindo assim um conjunto de informações para nortear a escolha da solução mais adequada ao projeto.

No levantamento dos investimentos, além dos equipamentos necessários para efetuar o transporte, considerou-se a infraestrutura requerida para o embarque e desembarque da carga a ser transportada, assim como a construção de estrada de acesso e ponte sobre o rio que faz parte da geografia do local onde será implantado o projeto. Para esse levantamento, todos os equipamentos e sistemas auxiliares necessários foram identificados, sendo que as suas características principais foram calculadas (estimadas). Considerou-se também a instalação de tanques de armazenamento, as áreas necessárias para as pilhas de emergência e outros recursos, que buscam garantir a continuidade operacional do complexo evitando a falha de equipamentos e/ou sistemas.

Com relação aos custos operacionais, foram considerados não somente os aspectos envolvendo o suprimento de energia elétrica, água e óleo diesel, mas a necessidade de utilização de equipamentos como pás carregadeiras e caminhões fora de estrada. O custo referente ao tratamento de água foi suprimido de tal processo, em função do reuso e reaproveitamento pleno de tal recurso mineral.

Para efeito das comparações econômica, energética e de emissões gasosas, a alternativa de transporte hidráulico (mineroduto) foi considerada como sendo a condição-base, a partir da qual foram calculadas as diferenças. A escolha recaiu sobre essa alternativa, pois foi a solução que estava sendo considerada a priori no projeto básico do empreendimento.

Os aspectos ambientais foram avaliados de forma não exaustiva, ou seja, os impactos no solo e nos efluentes foram desconsiderados, porém os impactos nas emissões gasosas tiveram o detalhamento necessário para a clara definição dos parâmetros utilizados na comparação das soluções propostas nessa fase do projeto.

O complexo mineral avaliado visa produzir concentrado fosfático (convencional e ultrafino) com 35,9% de teor de P_2O_5 , sendo caracterizado por duas etapas distintas de operação. A etapa 1 consiste na produção de 1,5 milhões de toneladas por ano de concentrado seco a partir de um minério com 15% de P_2O_5 . Entretanto, tal etapa foi suprimida do estudo em questão, face às restrições orçamentárias impostas ao projeto.

A etapa 2, objeto do referido estudo, tem por finalidade a produção de 1,09 milhões de toneladas por ano de concentrado seco com a alimentação de um minério com 10,7% de P_2O_5 . O regime de operação será de 8.059 horas por ano, sendo que 10% da produção será convertida à fabricação de um concentrado fosfático ultrafino e 90% à fabricação de um concentrado fosfático convencional. A referida etapa prevê uma duração de produção total de lavra de 33 anos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, a mineração é fundamental para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade moderna, uma vez que, gera metais indispensáveis para nosso cotidiano, tais como ferro, cobre e alumínio. Não obstante, suporta o abastecimento alimentar da sociedade por meio da mineração de rocha fosfática, além de apresentar importante participação na economia brasileira, respondendo por 4,4% do PIB e 22,4% das exportações (LOBÃO, 2010).

Segundo Quevedo, Diallo, & Lustosa (2009), as operações de carregamento e transporte são as mais críticas e complexas dentro dos processos de

mineração, já que representam aproximadamente 60% dos custos operacionais entre todos os processos produtivos.

O processo de mineração, em especial, apresenta um significativo potencial para práticas de eficiência energética, uma vez que, grandes reduções de consumo energético podem ser obtidas a partir do investimento de pequenos montantes de capital. Em termos energéticos, a mineração participa com 3,9% do consumo total da indústria e com 5,5% do consumo de energia elétrica. Os potenciais técnicos de conservação de energia mais significativos encontram-se nas etapas produtivas de beneficiamento (CNI, 2010).

Por fim, o estudo referente a seleção de sistemas de transportes industriais para um projeto de mineração em superfície de concentrado fosfático entre o trecho da usina de concentração e do terminal de rocha, contribuirá com a comunidade industrial para a identificação da melhor alternativa para distâncias médias de transporte, pois para curtas e longas distâncias a mesma possui clareza na escolha dentre as alternativas supracitadas.

1.3 OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo geral selecionar o melhor sistema de transporte industrial para um projeto de mineração em superfície de concentrado fosfático, entre o trecho da usina de concentração e do terminal de rocha, considerando imprescindivelmente os impactos econômicos e desejavelmente as implicações no processo de otimização energética e de emissões de gases de efeito estufa.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral fosse alcançado, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- i. A apresentação de um método para comparar técnica e economicamente três sistemas de transportes industriais de uma mineração em superfície de concentrado fosfático;

ii. O desenvolvimento de uma ferramenta de simulação, para oferecer suporte na avaliação dos sistemas de transportes industriais supramencionados.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Apresenta-se no primeiro capítulo uma breve abordagem sobre a indústria de mineração e a seleção de sistemas de transportes industriais para um projeto de mineração em superfície. A partir da importância em se fazer uma correta avaliação entre os sistemas de transporte hidráulico (mineroduto), caminhões fora de estrada e transportadores de correia de longa distância são apresentadas a justificativa e os objetivos geral e específico para esta dissertação.

No segundo capítulo tem-se uma fundamentação teórica do conhecimento multidisciplinar que será empregado neste trabalho. Tal capítulo compreende desde os conceitos aplicados a projetos, processos minerais, balanço de massa, engenharia econômica e tipologia de transportes industriais na mineração até os processos de otimização energética e de emissões de gases de efeito estufa.

Alocou-se no capítulo 3 as documentações de referência do projeto de mineração, o escopo desta engenharia conceitual limitada à mina, usina de concentração e terminal de rocha, assim como o método empregado para realizar a comparação técnica e econômica dos sistemas de transportes industriais objeto deste estudo.

No quarto capítulo é apresentado o resultado da avaliação técnica e econômica de cada sistema de transporte industrial compreendido nesta dissertação. Tais avaliações tiveram como base de comparação o sistema de transporte hidráulico (mineroduto), pelo fato do mesmo ter sido previsto na etapa de engenharia básica do referido projeto. A avaliação técnica foi compreendida por requisitos operacionais, energéticos e de emissões de gases de efeito estufa. Já a avaliação econômica, foi realizada mediante as análises de custo de

capital, custos operacionais e VPL de cada sistema de transporte industrial avaliado.

Concluindo o trabalho tem-se o capítulo 5, onde se encontram as recomendações acerca da utilização do sistema de transporte industrial mais adequado em uma mineração de superfície de concentrado fosfático a uma distância média de transporte de aproximadamente nove quilômetros.

As referências bibliográficas utilizadas para a fundamentação teórica deste trabalho são listadas no capítulo 6.

No sétimo capítulo constam os fluxogramas esquemáticos para cada sistema de transporte industrial estudado, assim como os memoriais de cálculo que subsidiaram a avaliação supracitada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo são apresentadas considerações em termos de literatura disponível sobre projetos, processos de beneficiamento mineral, sistemas de transportes industriais na mineração, segurança na mineração, balanço global de massa, análise de investimentos, análise de custos e suas variações, eficiência energética, bem como emissões de gases de efeito estufa.

2.1 PROJETOS

O termo projeto é definido pelo guia de gerenciamento de projetos PMBOK como sendo um esforço temporário que visa gerar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Almejando um melhor controle gerencial, os projetos costumam ser divididos em fases, constituindo o ciclo de vida do projeto. O ciclo de vida representa as etapas que devem ser seguidas desde o início de um projeto até o seu término, sendo de fundamental importância para o sucesso do projeto. O êxito de um projeto consiste em respeitar o tripé estratégico do processo, ou seja, balancear os limites dentro o escopo, o tempo e os custos, além de seguir os padrões de qualidade previamente desejados (PMI, 2008).

Em muitas organizações, é comum existir um conjunto de ciclos pré-definidos, que são utilizados na maioria dos projetos executados, enquanto, em outras companhias, a equipe de gerenciamento apresenta liberdade para escolher o ciclo que se adequar melhor ao projeto (PMI, 2008). De modo geral, o setor de engenharia apresenta projetos semelhantes em relação à natureza e a aplicação, o que, com o aprendizado adquirido ao longo de inúmeros projetos, culminou na adoção de um ciclo de vida preferencial. Tal ciclo de vida foi definido pela metodologia FEL (*Front-End Loading*)(CARVALHO, 2010).

2.1.1 Metodologia FEL (FRONT-END LOADING)

O FEL consiste em um processo intensamente utilizado em projetos de mega empreendimentos, denominados projetos de capital. Tais projetos são

normalmente empregados nos setores de mineração, energia e petroquímica. Essa metodologia apresenta um processo para o desenvolvimento de projetos baseado em uma adequada e gradual definição do empreendimento, visando minimizar riscos de investimentos em projetos inviáveis e potencializar o alinhamento desses projetos com o planejamento estratégico das organizações (IPA, 2011).

Dessa forma, a metodologia FEL consiste em uma importante ferramenta de gerenciamento de projetos e de portfólios, sendo capaz de estruturar e sistematizar as fases de desenvolvimento, contribuindo para o aumento da qualidade dos projetos efetuados, bem como minimizando possíveis retrabalhos e alterações que possam impactar a fase de execução do projeto (IPA, 2011).

Segundo a metodologia FEL, o ciclo de vida de um projeto divide-se em três fases: desenvolvimento, execução e operação. Esta primeira, por sua vez, é dividida em três etapas: análise do negócio (FEL 1), desenvolvimento do escopo (FEL 2) e planejamento da implantação (FEL 3). As transições entre os estágios são denominadas *gates* ou portões de passagem. Tais transições consistem em pontos de tomada de decisão na qual o projeto pode ser aprovado para a fase seguinte, retornado para melhor definição, arquivado ou até mesmo cancelado (IPA, 2011). O objetivo dos portões de aprovação é garantir que o nível de planejamento e maturidade do projeto esteja de acordo com a expectativa, de forma que possam ser investidos mais recursos ao longo do seu desenvolvimento (LIMA, 2008).

Para definição sobre a continuidade, ou não, do projeto, são analisados os seguintes fatores:

Condições locais: localização do empreendimento e dos equipamentos, exigências legais, ambientais e de segurança;

Status da engenharia: qualidade da documentação de engenharia, aceitação do projeto pelos *stakeholders* e estimativas de custos;

Elementos PEP (Plano de Execução do Projeto): estratégias de contratação, qualidade do cronograma, procedimentos de controle e plano de implantação (CHOMA, 2010).

O desenvolvimento e implementação de projetos utilizando a metodologia FEL, consiste em um processo longo e contínuo sendo apresentado na Figura 1 (MORAES, 2010).

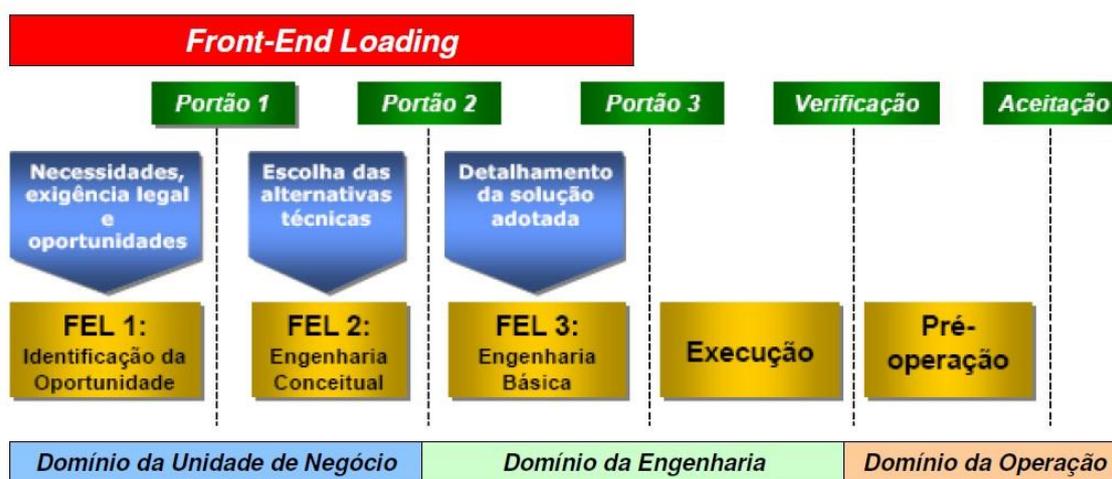


Figura 1–Representação esquemática da metodologia FEL.

Adaptado (IPA, 2011)

Geralmente, 75% dos projetos não passam do primeiro portão, 50% não passam do segundo, enquanto apenas 1% dos projetos é barrado no terceiro gate (CHOMA, 2010). A seguir, serão descritos os três estágios da fase de desenvolvimento, além das fases de execução e operação.

2.1.2 FEL 1 – Análise do negócio

Esta etapa diz respeito à análise inicial do ciclo de vida projeto e tem como objetivo validar a oportunidade comercial e selecionar as alternativas que serão analisadas na fase seguinte. É a fase de definição do negócio, onde é consolidado o alinhamento estratégico e a análise de mercado.

A engenharia associada é baseada em índices de projetos similares. Essa etapa implica na definição do escopo e dos objetivos do empreendimento, bem

como uma estimativa inicial do montante de investimentos, prevendo uma faixa de variação do custo entre -25% e +40%. Além disso, em tal etapa realiza-se a análise da viabilidade do negócio, por meio do cálculo dos principais indicadores econômicos: a TIR (Taxa Interna de Retorno), o VPL (Valor Presente Líquido), o VPI (Valor Presente do Investimento) e o payback descontado (IPA, 2011).

Entre as principais atividades do FEL 1, destacam-se a declaração dos objetivos do projeto para o negócio, a definição do time núcleo, o alinhamento estratégico, as previsões de mercado, a declaração de escopo inicial, os estudos das alternativas, assim como as estimativas iniciais de custos. É importante ressaltar que, paralelamente aos custos, devem ser estimados os potenciais de ganho, com o intuito de promover uma avaliação econômico-financeira do projeto (IPA, 2011).

2.1.3 FEL 2 – Desenvolvimento do negócio

Tal etapa é iniciada com a definição da equipe de projeto, que será responsável por desenvolver os objetivos do projeto e o escopo das alternativas identificadas na etapa FEL 1. O principal objetivo do FEL 2 fundamenta-se na definição da alternativa capaz de maximizar o valor do empreendimento para a organização, garantindo um projeto técnico e economicamente viável (LIMA, 2008).

Nessa etapa são feitas análises das soluções tecnológicas e construtivas associadas ao empreendimento, terminando com a seleção de uma dessas soluções e com as definições básicas (*briefing de projeto*) das instalações e edificações, prevendo uma variação nos custos entre -15% e +25%. Adicionalmente, tem-se a seleção das VIP's (*Value Improving Practices*) a serem utilizadas no desenvolvimento da engenharia básica do projeto (MORAES, 2010).

Dentre as principais etapas da fase FEL 2, destacam-se a elaboração de múltiplas alternativas, a escolha da melhor alternativa a ser desenvolvida na

etapa seguinte, a elaboração da documentação de engenharia, a análise de saúde, segurança e meio ambiente, a análise de riscos, além do refinamento da avaliação econômica e do planejamento das etapas subsequentes (LIMA, 2008).

2.1.4 FEL 3 – Planejamento da implantação

O planejamento da implantação baseia-se no desenvolvimento da engenharia detalhada, no plano de execução e na estimativa de custo detalhado para a alternativa selecionada no FEL 2. Dessa forma, deve ser desenvolvida toda a documentação preliminar para a execução do projeto, desde a especificação de equipamentos até diagramas de engenharia, o que gera a necessidade do aumento da equipe do projeto (CARVALHO, 2010).

No FEL 3 o foco é a construção, ou seja, a preparação do projeto para sua aprovação corporativa e futura implantação. Nesta etapa, a engenharia básica da opção selecionada no estágio de FEL 2 é desenvolvida e o CAPEX do projeto apresenta menor imprecisão. É a fase ideal para aprovação da diretoria executiva, uma vez que, a probabilidade de alterações de escopo é muito baixa. Assim, as características de custo e prazo da fase de execução podem ser refinadas, sendo aceitáveis variações de -20% a +20% (IPA, 2011).

Como principais entregáveis do FEL 3, pode-se citar a revisão dos documentos de engenharia conceitual, a elaboração da documentação de engenharia básica, a definição completa do escopo e do estudo de viabilidade técnico-econômica, a compra de equipamentos críticos, a finalização da análise de saúde, segurança e meio-ambiente, o término da análise de riscos, além do planejamento da execução do projeto (LIMA, 2008).

2.1.5 Execução

A fase de execução contempla desde o início da engenharia detalhada até o final da implantação do empreendimento. A engenharia detalhada contempla a elaboração de todos os documentos, folhas de dados, desenhos e o

planejamento de atividades que permitam a completa execução da implantação e operação dos itens envolvidos no projeto.

O término da fase de execução respalda-se no término físico do projeto, no qual ocorre a transferência de responsabilidade entre a equipe de projeto e a equipe de comissionamento, também chamada de prontidão operacional (CARVALHO, 2010).

2.1.6 Operação

A operação é compreendida pelas atividades de comissionamento, que abrangem desde a conclusão da implantação física, até a operação do sistema em regime permanente. Paralelamente a este último, ocorre a desmobilização de parte da equipe, até que restem apenas os responsáveis pela operação assistida. Tal operação consiste na transição gradual do produto gerado pelo projeto entre a empresa contratada e o cliente.

Além disso, deve ser efetuado o *as-built* do projeto, que se embasa na adequação dos documentos gerados à situação realmente implantada, de forma a garantir a confiabilidade da documentação entregue (CARVALHO, 2010).

2.2 PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO MINERAL

O processo de beneficiamento mineral tem como propósito possibilitar a extração e utilização dos bens minerais, sendo a etapa que ocorre após a lavra do minério. Minério pode ser definido como todo agregado natural de minerais, a partir do qual um metal ou composto metálico pode ser obtido, com lucro e em larga escala.

O mineral-minério, por sua vez, constitui no mineral que contém a substância útil do minério, como, por exemplo, no caso do minério proveniente da rocha fosfática, o pentóxido de fósforo (P_2O_5).

Os minerais não aproveitáveis existentes no minério são denominados ganga, como a sílica (SiO_2), no beneficiamento da rocha fosfática (MARTINS, 2008). Na Figura 2 é apresentada uma representação esquemática do processo de beneficiamento mineral.

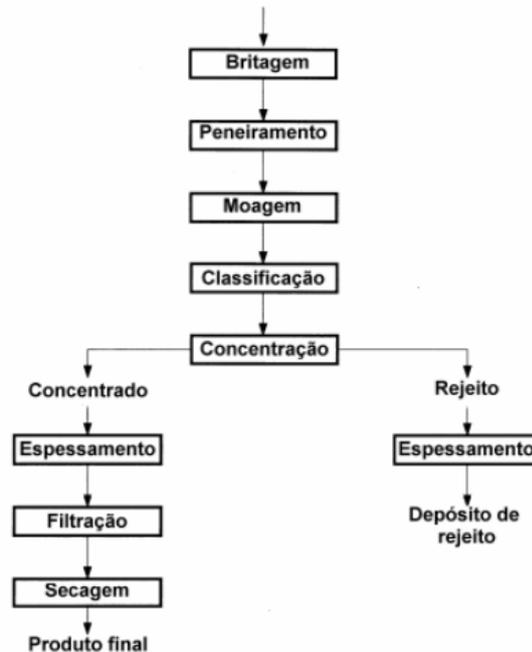


Figura 2–Fluxograma típico de processamento mineral

Fonte: (TAVARES, 2009)

2.2.1 Cominuição

Trata-se de um processo pelo qual o tamanho das partículas do minério é paulatinamente reduzido até que essas atinjam uma granulometria que possa promover a separação do mineral-minério pelas operações unitárias subsequentes.

Segundo Tavares (2009), a maior parte dos custos operacionais de uma usina de beneficiamento está no processo de desintegração, devido ao fato de que a maior parte da energia gasta no processamento de minérios é absorvida por esse processo.

A cominuição representa entre 50% e 75% dos custos diretos de produção da maior parte das usinas de concentração na indústria mineral.

Os processos de cominuição são basicamente divididos em duas classes distintas: britagem, que é a etapa de cominuição inicial e a moagem, que é a etapa de cominuição final.

2.2.2 Britagem

Processo mineral compreendido pela redução do tamanho de partícula, que tem por finalidade a obtenção de produtos com granulometria superior a 10 milímetros.

Adicionalmente, a britagem se desenvolve em estágios posteriores, tais como: britagem primária, secundária, terciária e eventualmente quaternária. Britadores primários robustos podem reduzir fragmentos de minério de 1,5 metros para menos de 20 centímetros de largura, conforme ilustrado pela figura 3. Dentre os principais tipos de britadores primários, destacam-se o tipo mandíbula, giratório e de impacto (MARTINS, 2008).



Figura 3–Britador primário

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

A figura 4 mostra os britadores secundários de uma operação mineral, que tem como propósito diminuir a granulometria do minério de forma a obter diâmetros adequados para a alimentação da moagem.

Como principais tipos de britadores secundários destacam-se os britadores tipo cone, de mandíbulas ou giratório (MARTINS, 2008).



Figura 4–Britador secundário

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

Os mecanismos envolvidos na britagem basicamente são: impacto, compressão e cisalhamento. De maneira não exaustiva, os estágios de britagem normalmente obedecem a classificação mostrada na Tabela 1.

Tabela 1–Classificação dos estágios de britagem

Fonte: (FIGUEIRA, 2004)

Estágio de Britagem	Tamanho Máximo de Alimentação (mm)	Tamanho Máximo de Produção (mm)
Britagem Primária	1000	100,0
Britagem Secundária	100	10,0
Britagem Terciária	10	1,0
Britagem Quaternária	5	0,8

Como parâmetros importantes na escolha do tipo do britador para o circuito, destacam-se: a taxa de desgaste, o consumo de energia, a geração de finos e a etapa de utilização.

2.2.3 Moagem

De maneira pragmática, a moagem é um processo mineral que visa obter granulometria inferior a 10 milímetros. Refere-se ao último estágio da cominuição. Os minérios podem ser processados tanto em via seca quanto em via úmida. Geralmente, o processamento em polpa é recomendado por inibir a formação de poeira, dispensando gastos com sistemas auxiliares para abatê-la.

Além disso, tal processamento promove maior facilidade de transporte e dissipação de calor, resultando em uma maior eficiência energética. Entretanto, a moagem a úmido acarreta um maior consumo de corpos moedores e gera um custo posterior com a retirada de água do produto (MARTINS, 2008).

Dentre os principais tipos de moinhos, destacam-se os moinhos de barras e de bolas conforme a figura 5. Tais moinhos apresentam como corpos moedores, respectivamente, hastes e bolas de aço. Além disso, podem ser utilizadas pedras rígidas ou até mesmo o próprio minério.

Do ponto de vista energético, é a moagem que apresenta o maior consumo de energia dentre as operações unitárias do processo mineral. No entanto, a granulometria obtida na moagem é fundamental para se ter uma maior eficiência nas operações subsequentes.



Figura 5—Moinho de bolas

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.2.4 Peneiramento

Método tradicional de análise e classificação de partículas, realizado em duas ou mais frações, por meio de uma ou mais superfícies perfuradas (CHAVES & PERES, 2003). O processo de peneiramento pode ser realizado a úmido ou a seco, sendo geralmente agitado, de forma a permitir um melhor assentamento das partículas (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

Os equipamentos ou sistemas de peneiramento podem ser segmentados entre estacionários e móveis. Dentre os estacionários, destacam-se a grelha fixa e as peneiras tipo DSM (*“Dutch State Mines”* ou Minas de Estado Holandeses, local onde esse tipo de peneira foi inicialmente desenvolvido).

A figura 6 mostra uma peneira vibratória de uma operação mineral, que é um dos tipos de peneira móvel mais usual em tal segmento industrial. Além dela, destacam-se as grelhas e as peneiras rotativas (CHAVES & PERES, 2003).



Figura 6–Peneira vibratória

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.2.5 Classificação

Etapa do processo mineral que se respalda na separação de uma população original, denominada alimentação, ou em duas ou mais populações que se

diferem pela distribuição relativa dos tamanhos das partículas. Após a classificação, a alimentação é dividida em duas partes: uma composta predominantemente pelas partículas de maiores diâmetros, denominada *underflow* (CHAVES, 2006). Já a outra população é formada pelas partículas mais finas, chamada de *overflow* (CHAVES, 2002).

Os tipos de classificadores podem ser segmentados mediante a direção do fluxo da corrente carregada. Os classificadores horizontais, como, por exemplo, os mecânicos e os espirais, geralmente apresentam como força motriz a sedimentação livre, sendo mais adequados para partículas com diferentes tamanhos. Já os classificadores verticais, predominantemente hidráulicos se fundamentam na sedimentação impedida, sendo mais eficientes para minerais com diferentes valores de densidade (MARTINS, 2008).

2.2.6 Concentração

Etapas que separam os minerais não aproveitáveis do mineral minério, visando recuperar os minerais úteis contidos no minério com o mínimo possível de perdas para o rejeito (BASTOS JÚNIOR, 2010b).

Para se obter uma concentração eficiente, o processo deve satisfazer três condições básicas: liberalidade, diferenciabilidade e separabilidade dinâmica (CHAVES, 2006). A liberalidade consiste na individualização das partículas a serem processadas, devendo ser garantida pelas etapas de cominuição e classificação. A separabilidade mecânica está relacionada com os equipamentos ou sistemas que compõem um mecanismo de forças capaz de atuar de maneira distinta nas diferentes partículas, favorecendo a separação.

Já a diferenciabilidade se caracteriza pela existência de uma propriedade físico-química diferenciadora, natural ou induzida, que permite diferenciar o mineral minério da ganga (MARTINS, 2008). Dentre as principais formas de concentração, se destacam a concentração gravítica, a concentração magnética e a flotação (BASTOS JÚNIOR, 2010b).

2.2.6.1 Concentração Gravítica

Na concentração gravítica, partículas de diferentes densidades são separadas por ação da força da gravidade ou por outras forças, como a resistência ao movimento em um fluido.

Assim sendo, para haver uma separação efetiva, é necessária a existência de um fluido com densidade intermediária entre o mineral e a ganga (BASTOS JÚNIOR, 2010b).

2.2.6.2 Concentração Magnética

A concentração magnética visa a aplicação de um campo magnético convergente sobre partículas de diferentes afinidades magnéticas, de modo a gerar diferentes trajetórias que possibilitem a separação das espécies minerais (BASTOS JÚNIOR, 2010b).

Pode ser usada tanto para retirar minerais valiosos de uma ganga não magnética, como para retirar minerais não aproveitáveis não magnéticos de interesse (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

2.2.6.3 Flotação

Trata-se de um processo de separação de minerais em uma polpa ou suspensão aquosa, executado a partir da diferença de características das superfícies dos minerais envolvidos.

Com a adição de bolhas ao sistema, uma fração das partículas minerais, de polaridade similar à da bolha, é carregada, preferencialmente para a superfície, enquanto a fração restante se direciona para o fundo do reator, conforme ilustrado na figura 7 (BASTOS JÚNIOR, 2010b).



Figura 7–Célula de flotação

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.2.7 Desaguamento

Os processos de beneficiamento mineral demandam o uso de uma grande quantidade de água, de modo que o mineral de interesse encontra-se presente em uma polpa diluída. Torna-se, então, necessário o desaguamento dessa polpa, com o propósito de facilitar o armazenamento e transporte de produtos e rejeitos, além de adequar a umidade desses às condições das especificações requeridas. Os equipamentos amplamente utilizados são: os espessadores e os filtros, sendo esses operados normalmente a vácuo (CHAVES, 2004).

2.2.7.1 Espessamento

Processo mineral que se embasa na separação sólido líquido. Como principais funções, destacam-se: a recuperação de água de polpas de rejeitos ou concentrados, o aumento da concentração de sólidos nas polpas de rejeitos e o adensamento do material para valores adequados às operações subsequentes (MARTINS, 2008).

No entanto, mediante a figura 8, os espessadores apresentam a desvantagem de ocupar uma área significativamente maior que os outros métodos de

desaguamento. Adicionalmente, possuem um elevado custo de capital para a implantação, devido à grande quantidade de materiais envolvidos em sua construção (MARTINS, 2008).



Figura 8–Espessador

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.2.7.2 Filtragem

Refere-se a uma operação unitária de separação dos sólidos contidos sem um líquido, ocasionada pela retenção das partículas sólidas em um meio poroso, enquanto esse é atravessado pelo líquido. O material sólido retido no filtro denomina-se como torta, enquanto o líquido passante constitui como filtrado. Dessa forma, os filtros devem ser capazes de, simultaneamente, suportar a torta e permitir a passagem do filtrado (MARTINS, 2008).

O tipo mais comumente usado em tratamento de minérios é a filtragem à vácuo, consistindo na formação de vácuo debaixo do meio filtrante, facilitando assim a passagem do filtrado pelo meio poroso, conforme ilustrado na figura 9 (CHAVES, 2004).



Figura 9–Filtro a vácuo

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.2.7.3 Reuso de água

A operação de desaguamento é importante por permitir o reaproveitamento de água de processo, diminuindo custos e mitigando impactos ambientais (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

De modo geral, o fluxo que relaciona o uso da água no processo mineral e o reaproveitamento da mesma nas operações minerais é estabelecido conforme a figura 10.

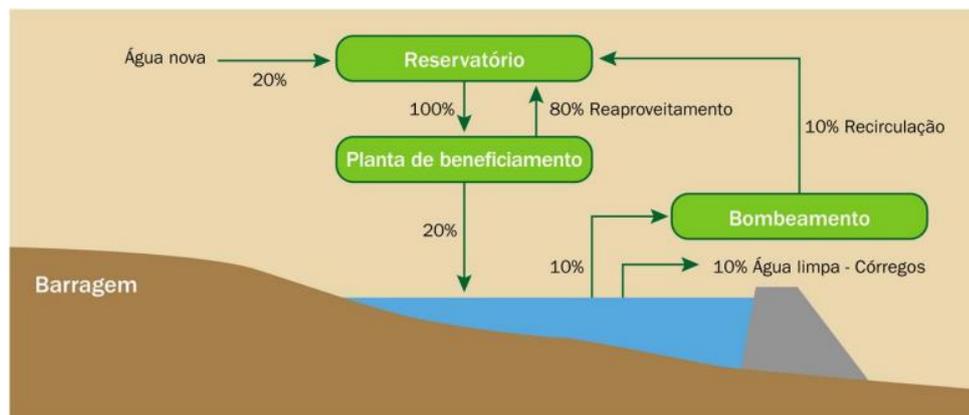


Figura 10–Uso da água no processo mineral em função de reuso

Fonte: (IBRAM, 2015)

As operações minerais têm recebido fortes investimentos para racionalizar e aumentar sua eficiência hídrica. Como produto de tal aporte financeiro, disseminaram-se práticas que vão além da reciclagem e do reuso. É cada vez mais comum a instalação de plantas de beneficiamento de minério em circuitos fechados, onde a perda de água é mínima e inexistente a geração de efluentes.

A figura 11 demonstra a evolução dos índices de recirculação de água por tipologia de minério.

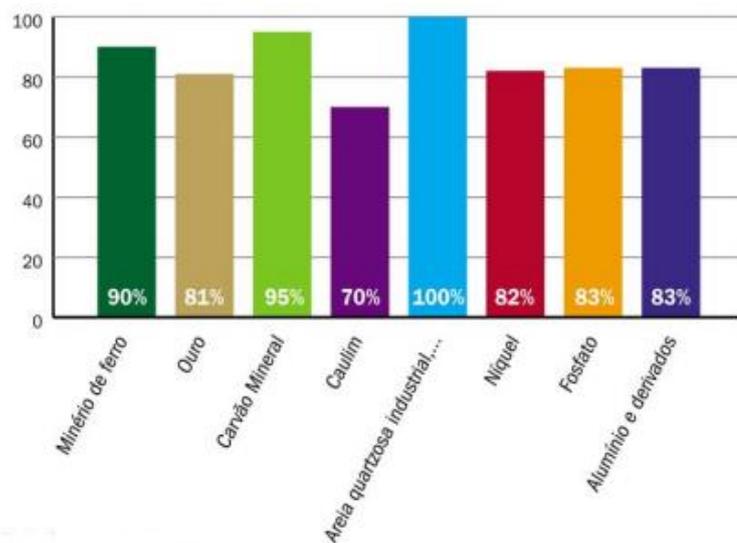


Figura 11–Índice de recirculação de água por tipologia de minério

Fonte: (IBRAM, 2015)

2.2.8 Estocagem e disposição de rejeitos

Com relação à estocagem, normalmente utiliza-se pilhas para grandes volumes de materiais secos e de maior granulometria, enquanto empregam-se silos para menores quantidades de materiais finos.

A disposição de rejeitos vem se tornando imprescindível, devido ao aumento do consumo de bens minerais e da crescente necessidade de beneficiar minérios com teores mais baixos, o que implica em uma maior quantidade de estéril gerado, potencializando os efeitos ambientais.

Dessa forma, com o intuito de minimizar tais impactos ambientais, os sólidos secos são geralmente empregados na recomposição das áreas previamente

exploradas, enquanto os rejeitos sob a forma de polpa costumam ser depositados em barragens especialmente projetadas para essa aplicação.

Além disso, os rejeitos podem ser reprocessados com o intuito de aumentar a recuperação de mineral minério (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

2.3 TIPOLOGIA DE TRANSPORTES NA MINERAÇÃO

O transporte é uma operação auxiliar essencial no processo de tratamento de minérios. Tal operação está presente durante todas as etapas da mineração, ou seja, desde a extração em mina até a disposição dos rejeitos.

Dessa forma, tal operação compreende tanto o transporte de materiais sólidos secos, quanto polpas de minérios (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

2.3.1 Transportes de Líquidos

A principal forma de transporte de fluidos na mineração baseia-se no bombeamento, sendo esse método utilizado tanto no transporte de polpa quanto no de água conforme apresentado na figura 12.



Figura 12–Sistema de bombeamento de água

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

Entretanto, é válido ressaltar que tanto a bomba quanto a tubulação correspondente apresentam características diferentes para cada um desses fluidos. Para sistemas de bombeamento de polpa, os constituintes da bomba devem ser robustos, apresentando revestimento de material resistente à abrasão. A tubulação deve ser especificada com uma espessura correspondente ao desgaste previsto.

Adicionalmente, é interessante destacar que tubulações de transporte de polpa estão sujeitas a entupimento, sobretudo em curvas, sendo os tubos, dessa forma, flangeados, com o intuito de facilitar a desmontagem da tubulação para desentupi-la (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

Um sistema de transporte de fluido complementar ao sistema de bombeamento é o sistema de transporte por dutos, denominado mineroduto, que foi objeto deste trabalho. Os minerodutos são tubos, subterrâneos ou aparentes, cuja infraestrutura construída serve como veículo para transportar produtos em seu interior, impulsionados por bombeamento ou por um jato de água contínuo, submetido à forte pressão, conforme a figura 13.



Figura 13–Bombeamento de polpa mineral de fosfato via mineroduto
Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

Assim sendo, este modal de transporte permite a remessa de produtos a longas distâncias como ilustrado na figura 14.



Figura 14–Mineroduto entre Paragominas e Bacarena no Pará
Fonte: (CONSTRAN,2014)

A maior parte da malha mundial de dutos destina-se a transportar petróleo e gás. O transporte de polpas minerais (ferro, caulim, bauxita, fosfato e outros), classificadas como inertes e não perigosas pelos critérios da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são colocadas no duto na área da mina ou planta de beneficiamento do minério e bombeadas por longas distâncias até estações de processamento próximas aos portos.

Tal modalidade de transporte possui elevada margem de segurança operacional e ambiental, sendo raros os registros de acidentes (BRANDT, 2010).

2.3.2 Transportes de sólidos

Os principais meios utilizados no transporte de produtos sólidos, como minérios brutos e concentrados secos, são: correias transportadoras, carregadeiras, caminhões, empilhadeiras e retomadoras. De acordo com a figura 15, para o transporte de sólidos entre diferentes etapas do processo produtivo, são geralmente utilizados transportadores de correia, que são guiados e suportados por roletes. Tal sistema de transporte será alvo de estudo neste trabalho. (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).



Figura 15–Transportador de correia

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

Adicionalmente às correias tradicionais, destacam-se os transportadores tipo tubular, na qual a correia, inicialmente aberta, se enrola sobre sua própria estrutura; o transportador tipo fechado, sendo o sólido conduzido dentro de uma correia com as extremidades fechadas; e o transportador tipo sanduíche, na qual uma esteira se desloca sobre a outra, comprimindo o sólido.

Por fim, é comum a interligação das correias transportadoras com balanças integradoras, com o propósito de quantificar a vazão e permitir a totalização da produção (BASTOS JÚNIOR, 2010a).

Adicionalmente, no transporte de sólidos, estão compreendidos equipamentos denominados chutes ou desviadores de fluxo, que constituem uma parte fundamental do sistema de transporte. Os chutes são responsáveis pela transferência do minério entre correias transportadoras, direcionando a queda e impedindo perdas de material no transporte (WILLS & NAPIER-MUNN, 2006).

No processo de lavra, após o desmonte ocasionado por perfuratrizes e explosivos, são usadas escavadeiras e carregadeiras para remover o minério. Alternativamente, quando o desmonte não necessita de explosivos, a

escavação e transporte são feitos com o uso de tratores. Após essa etapa, a fração rejeitada, ou seja, o estéril é então disposto em pilhas, enquanto o mineral-minério é transportado em caminhões fora-de-estrada para silos, conforme a figura 16. Tais caminhões são objeto de estudo deste trabalho.

O mineral-minério contido nos silos irá suprir a britagem primária. Após a cominuição, o minério é estocado, com empilhadeiras (*stackers*), em pilhas de homogeneização, das quais será posteriormente retirado com o uso de recuperadoras (*reclaimers*) (BASTOS JÚNIOR, 2010a).



Figura 16–Caminhão fora de estrada

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

Um dos problemas operacionais primordiais associados ao manuseio de materiais secos consiste na inevitável formação de poeiras. Dessa forma, existem várias formas de controle que tem a finalidade de minimizar a geração e propagação de poeiras. Como exemplo, tem-se: o alinhamento das pilhas com os ventos predominantes, a criação de barreiras naturais ou artificiais e o enclausuramento da pilha. Adicionalmente, pode-se utilizar a técnica de aspersão de água, contendo ou não reagentes ligantes, almejando o abatimento do pó gerado.

Outra técnica muito comum para minimizar a formação de poeira baseia-se na utilização de chutes especiais, como os espirais, em cascata ou telescópicos (BASTOS JÚNIOR, 2010a).

2.4 NORMAS DE SEGURANÇA NA MINERAÇÃO

De acordo com o MTE (2014), as Normas Regulamentadoras - NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT.

Dentre as Normas Regulamentadoras, a NR-22 é orientada à Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Tal norma estabelece métodos de segurança a serem observados pelas empresas que desenvolvem trabalhos de minerações subterrâneas, a céu aberto, garimpos, beneficiamentos minerais e pesquisa mineral, de modo a proporcionar a seus empregados satisfatórias condições de Segurança e Medicina do Trabalho.

A fundamentação legal, ordinária e específica, que dá embasamento jurídico à existência desta NR, são os artigos 293 a 301 e o artigo 200 inciso III, todos da Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT. A NR-22 é compreendida pelos seguintes requisitos:

22.1 Objetivo

22.2 Campos de Aplicação

22.3 Das Responsabilidades da Empresa e do Permissionário de Lavra Garimpeira

22.4 Das Responsabilidades dos Trabalhadores

22.5 Dos Direitos dos Trabalhadores

22.6 Organização dos Locais de Trabalho

22.7 Circulação, Transporte de Pessoas e Materiais

22.8 Transportadores Contínuos através de Correias

22.9 Superfícies de Trabalho

22.10 Escadas

22.11 Máquinas, Equipamentos, Ferramentas e Instalações

22.12 Equipamentos de Guindar

22.13 Cabos, Correntes e Polias

- 22.14 Estabilidade de Maciços
- 22.15 Aberturas Subterrâneas
- 22.16 Tratamento e Revestimentos de Aberturas Subterrâneas
- 22.17 Proteção contra Poeira Mineral
- 22.18 Sistemas de Comunicação
- 22.19 Sinalização de Áreas de Trabalho e de Circulação
- 22.20 Instalações Elétricas
- 22.21 Operações com Explosivos e Acessórios
- 22.22 Lavra com Dragas Flutuantes
- 22.23 Desmonte Hidráulico
- 22.24 Ventilação em Atividades Subterrâneas
- 22.25 Beneficiamento
- 22.26 Deposição de Estéril, Rejeitos e Produtos
- 22.27 Iluminação
- 22.28 Proteção contra Incêndios e Explosões Acidentais
- 22.29 Prevenção de Explosão de Poeiras Inflamáveis em Minas Subterrâneas de Carvão
- 22.30 Proteção contra Inundações
- 22.31 Equipamentos Radioativos
- 22.32 Operações de Emergência
- 22.33 Vias e saídas de Emergência
- 22.34 Paralisação e Retomada de Atividades nas Minas
- 22.35 Informação, Qualificação e Treinamento
- 22.36 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração - CIPAMIN
- 22.37 Disposições Gerais

2.5 BALANÇO GLOBAL DE MASSA

Segundo (MORAES JR., SILVA, & MORAES, 2011, p. 76), em um volume de controle (vc) onde não há geração de matéria, a Lei da Conservação da Massa ocorre por meio da equação (1).

$$W_{s,vc} - W_{e,vc} + \frac{dM}{dt} = 0 \quad (1)$$

Em que: $W_{s,vc}$ é a vazão por unidade de tempo que sai no vc; $W_{e,vc}$ é a vazão por unidade de tempo que entra no vc; dM/dt é a massa acumulada por unidade de tempo no vc.

Para o estudo em questão, foi realizado o balanço global de massa no seguinte volume de controle: mina, usina de concentração e terminal de rocha. De maneira complementar, efetuou-se o balanço de massa nos sistemas de transporte por meio de mineroduto, caminhões fora de estrada e transportadores de correia de longa distância.

Como não há massa acumulada por unidade de tempo no volume de controle (vc), $\frac{dM}{dt} = 0$, equação (2).

$$W_{s,vc} = W_{e,vc} \quad (2)$$

2.6 CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS

Para desenvolver um estudo econômico, deve-se utilizar um processo analítico, que consiste, inicialmente, na avaliação do montante de capital a ser investido, além da análise dos ganhos a serem obtidos com a execução do projeto. Assim sendo, posteriormente, pode-se montar o fluxo de caixa do empreendimento, para avaliá-lo de acordo com instrumentos convencionais de análise de investimentos.

2.6.1 Análise de investimento

Segundo a metodologia FEL, a avaliação do investimento deve ser refinada ao longo do desenvolvimento do empreendimento, sendo aceita uma maior margem de erro no início da definição de escopo e uma estimativa mais aferida ao final da fase de detalhamento.

Inicialmente, o montante a ser investido pode ser avaliado a partir da comparação com projetos similares ou mediante o conhecimento dos custos dos principais equipamentos, sendo geralmente admitidos erros de cerca de 30%.

Posteriormente, já tendo os principais equipamentos especificados e maiores informações sobre o detalhamento do processo, têm-se condições de efetuar uma estimativa preliminar, com erros de 20% (PMI, 2008).

2.6.2 Avaliação dos ganhos

Ao elaborar o fluxo de caixa de um projeto, é importante, além de avaliar o montante a ser investido, considerar também os ganhos a serem obtidos a partir da execução do projeto. De forma geral, o ganho potencial de um empreendimento costuma vir de duas principais consequências, que são: redução da ocorrência de eventos operacionais indesejáveis e alteração no comportamento estatístico das variáveis de interesse (CARVALHO, 2010).

2.6.3 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa é a ferramenta que mostra as entradas e saídas de dinheiro previstas para um determinado empreendimento. A representatividade dos resultados de um investimento depende em grande medida do rigor e da confiabilidade com que os fluxos de caixa são estimados (CHING, 2003, p. 234).

De acordo com Lamacié (2009), os fluxos de caixa podem ser verificados das mais variadas formas e tipos em termos de períodos de ocorrência (postecipados, antecipados ou diferidos), de periodicidade (períodos iguais entre si ou diferentes), de duração (limitados ou indeferidos) e de valores (constantes ou variáveis).

Interessante notar que, em um fluxo de caixa, as datas que aparecem são sempre futuras, partindo de um momento atual, pois no estudo econômico, o passado somente servirá para auxiliar as previsões. Por outro lado, na análise econômico-financeira, não interessará saber de que maneira as receitas e despesas estarão sendo contabilizadas e sim em quais datas estarão efetivamente ocorrendo (BOGGISS, 2003).

O estudo econômico deve cobrir um intervalo de tempo compatível com a duração da proposta de investimento considerada, frequentemente denominada vida útil, vida econômica ou, simplesmente, vida do projeto (BOGGISS, 2003). A figura 17 representa graficamente um fluxo de caixa.

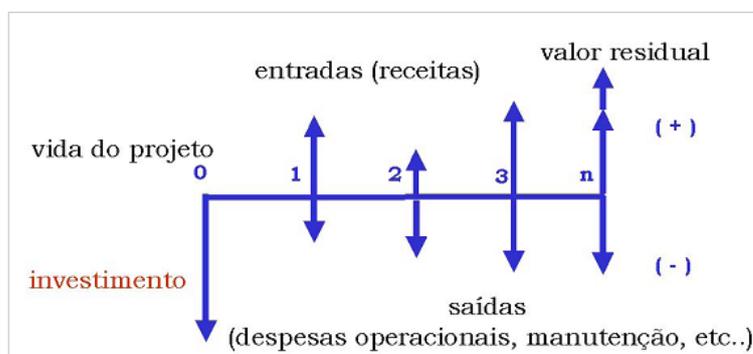


Figura 17–Representação gráfica de um fluxo de caixa

Fonte: (Economia, 2014)

2.6.4 Análise de viabilidade de projetos

Segundo Lamacié (2009), basicamente, toda a operação financeira é representada em termos de fluxos de caixa, ou seja, em fluxos futuros esperados de recebimentos e pagamentos de caixa.

A avaliação desses fluxos consiste, em essência, na comparação dos valores presentes, calculados segundo o regime de juros compostos a partir de uma dada taxa de juros, das saídas e entradas de caixa. Em consideração ao conceito do valor do dinheiro no tempo, raciocínio básico da matemática financeira, coloca-se como fundamental estudar somente os métodos que levam em conta o critério do fluxo de caixa descontado (LAMACIÉ, 2009).

2.6.4.1 Valor presente líquido – VPL

Trata-se de um método obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios (ou pagamentos) previstos de caixa e o valor presente do fluxo de caixa inicial (valor do investimento, do empréstimo ou do financiamento) (LAMACIÉ, 2009).

A expressão de cálculo do VPL é estabelecida conforme a equação (3).

$$VPL = \sum_{j=1}^n (FC_j / (1 + i)^j) - FC_0 \quad (3)$$

Em que:

FC_j = representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

FC_0 = fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial), podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento.

i = taxa de desconto que iguala, em determinada data, as entradas com as saídas previstas de caixa.

Segundo (CHING, 2003, p. 246), é realizada uma decisão a favor de um projeto se o valor líquido presente for um número positivo. Esse método também pode ser aplicado na comparação de vários projetos quando são considerados investimentos mutuamente exclusivos.

Uma regra para se aprovar ou rejeitar um projeto pode ser estabelecida conforme mostrado a seguir:

$VPL > 0$: a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno maior que o retorno mínimo exigido, isto é, maior que o custo médio ponderado de capital (CMPC), e, portanto aprovaria o projeto;

$VPL = 0$: a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno exatamente igual a seu custo de capital, e, portanto também aprovaria o projeto;

$VPL < 0$: a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno menor que seu custo de capital, e, portanto rejeitaria o projeto.

2.6.4.2 Taxa interna de retorno – TIR

A taxa interna de retorno é a taxa de juros (desconto) que iguala em um determinado momento do tempo, o valor presente das entradas (recebimentos) com o das saídas (pagamentos) previstas de caixa.

Geralmente, adota-se a data de início da operação, momento zero, como a data focal de comparação dos fluxos de caixa (LAMACIÉ, 2009). Normalmente, o fluxo de caixa no momento zero (fluxo de caixa inicial) é representado pelo valor do investimento, ou empréstimo, ou financiamento. Os demais fluxos de caixa indicam os valores das receitas ou prestações devidas (LAMACIÉ, 2009).

Segundo Ching (2003), esse método requer que seja calculado o custo de capital usado para desconto que, aplicado, reduzirá o valor presente líquido de um projeto a zero. Isso possibilita comparar a taxa interna de retorno com essa taxa.

De acordo com Lamacié (2009), a identidade de cálculo da taxa interna de retorno é identificada pela equação (4):

$$FC0 = \sum_{j=1}^n FCj / (1 + i)^j \quad (4)$$

Sendo:

FC0 = valor do fluxo de caixa no momento zero (recebimento – empréstimos ou pagamentos – investimento);

FCj = fluxos previstos de entradas ou saídas de caixa em cada período de tempo;

i = taxa de desconto que iguala, em determinada data, as entradas com as saídas previstas de caixa. Em outras palavras, *i* representa a taxa interna de retorno.

É feita uma decisão a favor de um projeto se a TIR é maior que o custo médio ponderado de capital (CMPC). Nesse sentido a seguinte regra pode ser estabelecida (CHING, 2003):

TIR > CMPC: a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno maior que seu custo de capital, e, portanto aprovaria o projeto;

TIR = CMPC: a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno exatamente igual a seu custo de capital, e, portanto também aprovaria o projeto;

TIR < CMPC: a empresa estaria obtendo uma taxa de retorno menor que seu custo de capital, e, portanto rejeitaria o projeto.

2.6.4.3 “Payback” descontado

De acordo com (CHING, 2003, p. 244), o método do “payback” pode ser aprimorado quando incluímos o conceito do valor do dinheiro no tempo. Isso é feito no método do payback descontado, que calcula o tempo de recuperação do capital investido ajustando os fluxos de caixa por uma taxa de desconto conforme a tabela 2.

Tabela 2–Exemplo de análise do método do payback descontado

Fonte: (UNAMA, 2014)

	PROJETO A		PROJETO B	
Investimento Inicial	R\$	20.000	R\$	20.000
ANO	ENTRADAS DE CAIXA			
	Vlr Nominal	Vlr Atual	Vlr Nominal	Vlr Atual
1	\$ 8.000	\$ 7.619	\$ 5.000	\$ 4.762
2	\$ 7.000	\$ 6.349	\$ 6.000	\$ 5.442
3	\$ 5.000	\$ 4.319	\$ 5.000	\$ 4.319
4	\$ 3.000	\$ 2.468	\$ 4.000	\$ 3.291
5	\$ 1.000	\$ 784	\$ 3.000	\$ 2.351
<i>Payback</i>	3 anos	3 a. 8 m.	4 anos	4 a. 11 m.

2.6.5 Terminologias CAPEX e OPEX

As terminologias CAPEX e OPEX são usadas na administração das empresas como uma maneira de simplificar as duas opções mais recorrentes na gestão orçamentária, a decisão de investir ou não em ativos fixos (MARTINS E. , 2003).

CAPEX é a sigla em inglês da expressão *Capital Expenditure*, que significa “investimento em bens de capital”. Trata-se da destinação do montante de recursos investidos na aquisição ou melhoria de bens (máquinas, equipamentos, instalações, terrenos e demais itens de investimento fixo) de uma determinada empresa, visando intensificar o desempenho das operações.

OPEX é a sigla em inglês da expressão *Operational Expenditure*, que significa “despesas operacionais”. Trata-se da designação do montante de recursos (custos ou despesas) necessários para o funcionamento de uma empresa.

Portanto, OPEX é o gasto cotidiano (custo ou despesa, conforme a destinação) realizado constantemente para manter as atividades do negócio, envolvendo custos com manutenção de equipamentos, custos com empregados, combustíveis, entre outros, além das despesas gerais como as das alçadas administrativa, comercial e tributária.

Segundo Bertó & Beulke (2006), uma vantagem do CAPEX é que o investimento fica inteiramente aplicado nas operações da empresa, que irá depreciá-lo na medida da previsão da sua duração (vida útil esperada do bem). Tem o inconveniente dos encargos financeiros e do custo de oportunidade do capital investido, que pode ser alto e exigir um retorno rápido o que nem sempre é possível. Já a vantagem da OPEX, é a economia do capital que não é requerido para o investimento, passando a ter-se um custo ou uma despesa, dependendo do uso do gasto.

Conforme essa classificação, o OPEX pode trazer a vantagem da dedutibilidade tributária do gasto, em contraponto com o CAPEX, que será depreciado conforme a previsão da vida útil e dedutível conforme as taxas definidas na legislação dos impostos sobre o resultado.

2.6.6 Gastos

Almejando-se analisar, controlar e maximizar o lucro, é necessário um perfeito entendimento de seus componentes básicos, que são: os preços de venda e os gastos.

Como a determinação dos preços de venda depende do mercado, torna-se de suma importância uma especial atenção ao segundo elemento do lucro: os gastos (SILVA SÁ, 2009). Quanto a sua natureza, os gastos podem ser fixos, variáveis e semivariáveis.

2.6.6.1 Gastos fixos

De acordo com Silva Sá (2009), os gastos fixos são gastos que não variam com o nível de atividade da empresa. Na verdade, estes gastos são fixos dentro de determinados limites, ou seja, variam por patamares. Tome-se a despesa de aluguel dos escritórios de uma empresa. Esta despesa não varia a cada unidade vendida. Entretanto, caso a empresa passe a vender muito, ela poderá ter que aumentar a sua equipe e, em consequência, ter que alugar mais área para acomodar este adicional de funcionários, conforme a figura 18.

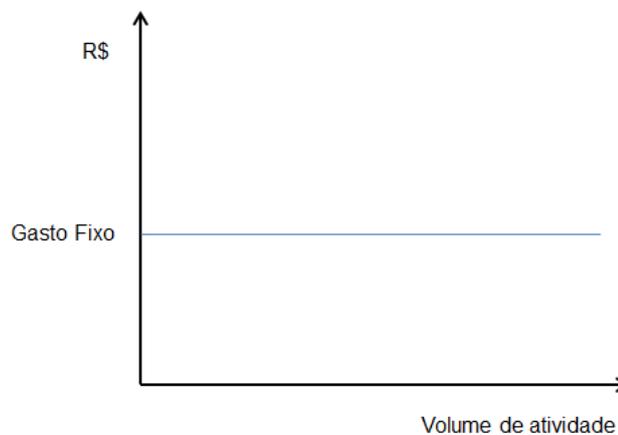


Figura 18–Representação gráfica de gastos fixos

Fonte: (SESASC, 2014)

Conforme Silva Sá (2009), os gastos fixos por sua vez se subdividem em custos diretos de fabricação, custos indiretos de fabricação e despesas operacionais.

Os custos diretos de fabricação ou de operação são os custos fixos diretamente alocados aos produtos ou linhas de produtos comercializados pela empresa. Como exemplo, citam-se os salários do pessoal diretamente envolvido na fabricação ou a depreciação de máquinas e equipamentos utilizados em sua produção.

Os custos indiretos de fabricação ou operação são os custos fixos indiretamente alocados aos produtos ou linhas de produtos comercializados

pela empresa. Referem-se quase sempre as atividades de apoio à operação. Tem-se como exemplo os salários do diretor industrial e do pessoal indiretamente envolvido na fabricação, tais como: funcionários do almoxarifado, controle de qualidade, planejamento e controle de produção e outros.

As despesas operacionais são os gastos fixos de todos os departamentos que não estejam nem direta nem indiretamente envolvidos com a produção ou a operação da empresa, tais como: os custos administrativos e comerciais.

2.6.6.2 Gastos variáveis

Consideram-se gastos variáveis aqueles dispêndios que variam a cada unidade produzida e vendida. Estes gastos sempre compõem o custo das vendas para efeito de determinação da margem de contribuição (SILVA SÁ, 2009). Os gastos variáveis podem ser os custos variáveis de produção e as despesas variáveis de venda. Fazem parte dos custos variáveis de produção as matérias-primas, materiais de embalagens e outros.

Incluem-se nas despesas variáveis de venda os impostos diretos incidentes sobre as vendas (ICMS, PIS, CONFINS, etc.) e outras despesas de comercialização, tais como: comissão sobre as vendas. A figura 19 ilustra o comportamento dos gastos variáveis.

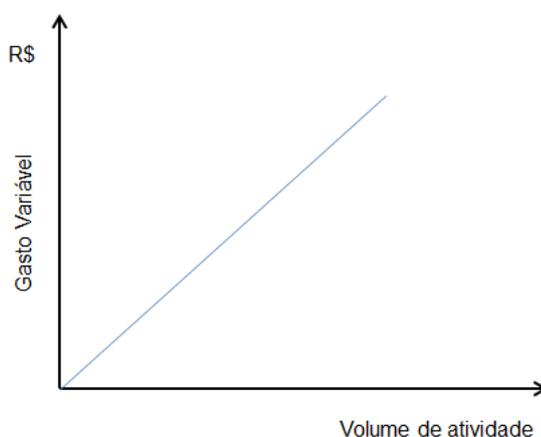


Figura 19—Representação gráfica de gastos variáveis

Fonte: (SESASC, 2014)

2.6.6.3 Gastos semivariáveis

Trata-se dos dispêndios que possuem uma parte fixa e outra que varia com o nível de atividade da empresa. Tem-se como exemplo o salário dos vendedores de uma loja e que fosse composto de uma parte fixa e de uma comissão sobre as vendas (SILVA SÁ, 2009). A figura 20 demonstra a evolução dos custos semivariáveis.

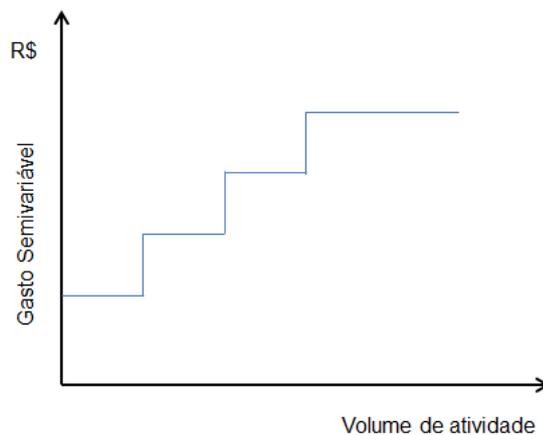


Figura 20–Representação gráfica de gastos semivariáveis

Fonte: (SESASC, 2014)

2.7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo a EPE (2012), a eficiência no uso da energia entrou na agenda mundial a partir dos choques no preço do petróleo dos anos 1970, quando ficou claro que o uso das reservas de recursos fósseis teria custos crescentes, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista ambiental.

Logo se reconheceu que um mesmo serviço poderia ser obtido com menor gasto de energia e, conseqüentemente com menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é

menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado. Mais recentemente, a busca pela eficiência energética ganhou nova motivação. Em adição à perspectiva de custos mais elevados da energia de origem fóssil, a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, aquecimento este atribuído, em grande medida, à produção e ao consumo de energia, trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética quando se analisa em perspectiva a oferta e o consumo de energia. Essa preocupação se justifica mesmo em um país como o Brasil, em que o custo de produção de energia é, de uma forma geral, economicamente competitivo e que apresenta uma matriz energética em que quase metade está associada a energias renováveis. No Brasil, diversas iniciativas sistematizadas vêm sendo empreendidas há mais de 20 anos. Destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), o Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), cuja coordenação executiva pertence ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O PBE é vinculado ao ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio Exterior (MDIC). O PROCEL e o CONPET são vinculados o Ministério de Minas e Energia (MME)(EPE, 2012).

Do ponto de vista industrial, a eficiência energética pode ser definida como a razão entre a saída útil de um processo (ou equipamento) e a energia introduzida nesse (ABNT NBR ISO 50001, 2011). Assim, sendo as indústrias as maiores consumidoras do mercado energético brasileiro, respondendo por 39,6% do consumo total e a energia elétrica o principal insumo de tal mercado, representando 46,3% do consumo acima citado, a eficiência energética neste trabalho é focada apenas às atividades industriais(CNI, 2010). Apesar das iniciativas dos agentes supracitados, bem como pela relevância do consumo

energético industrial, ele vem recebendo pouca atenção das políticas governamentais nos programas de eficiência energética, que vêm priorizando os setores residencial, público e comercial.

2.7.1 Sistema de informação de energia

De acordo com Biazoto (2012), um sistema de informação de energia é utilizado para gerenciar os consumos e os gastos com energia, de modo a:

- a) Acompanhar a evolução dos consumos e dos indicadores energéticos relacionados à produção de forma desagregada em diversos níveis de processo;
- b) Correlacionar os consumos de energia e variáveis de processo para a obtenção de indicadores utilizados na análise da eficiência e rendimento dos equipamentos;
- c) Permitir a criação de cenários e a realização de simulações com base em dados históricos;
- d) Possibilitar o estabelecimento de metas, criando subsídios para a priorização de investimentos e tomada de decisão;
- e) Estruturar planos de medição e verificação do desempenho de projetos de eficiência energética implantados.

A figura 21 fornece o fluxograma do processo de mineração, os resultados a serem analisados pela operação, bem como o rótulo de entrada de dados.

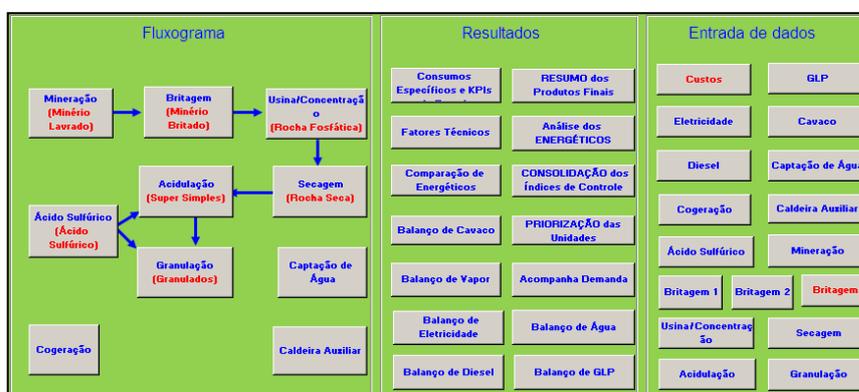


Figura 21–Tela principal do sistema de informação de energia

Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.7.2 Índices de controle

Segundo Biazoto (2012), a análise dos dados compreendidos em um sistema de gestão de energia baseia-se nos seguintes índices de controle:

- A. Custo total de energia
- B. Nível de produção
- C. Consumo específico
- D. Custo específico
- E. Custo da energia agregada.

Entretanto, para se ter um bom gerenciamento de energia é necessário e suficiente agir apenas sobre dois dos índices de controle supracitados (BIAZOTO, 2012). São eles:

i. Custo específico: trata-se da relação entre o gasto monetário e o consumo energético em um dado processo. Normalmente, nas grandes companhias, a área de sistemas elétricos que tem ação sobre este indicador, ou seja, ela é a responsável por negociar contratos com as distribuidoras de energia.

ii. Consumo específico: trata-se da relação entre o consumo energético e o nível de produção em um dado processo. Geralmente, as grandes companhias possuem uma equipe multidisciplinar operacional que possui atuação sobre este indicador, ou seja, ela é a responsável por desenvolver e implantar projetos de otimização energética.

O custo da energia agregada é o produto entre o custo específico e o consumo específico. Os demais índices de controle devem ser apenas acompanhados, pois são consequências e não causa (BIAZOTO, 2012).

Na figura 22 pode-se observar o nível de produção, o consumo específico, o custo específico e o custo da energia agregada ao processo.

As barras correspondem à evolução do ano corrente e a linha diz respeito a evolução do ano anterior.

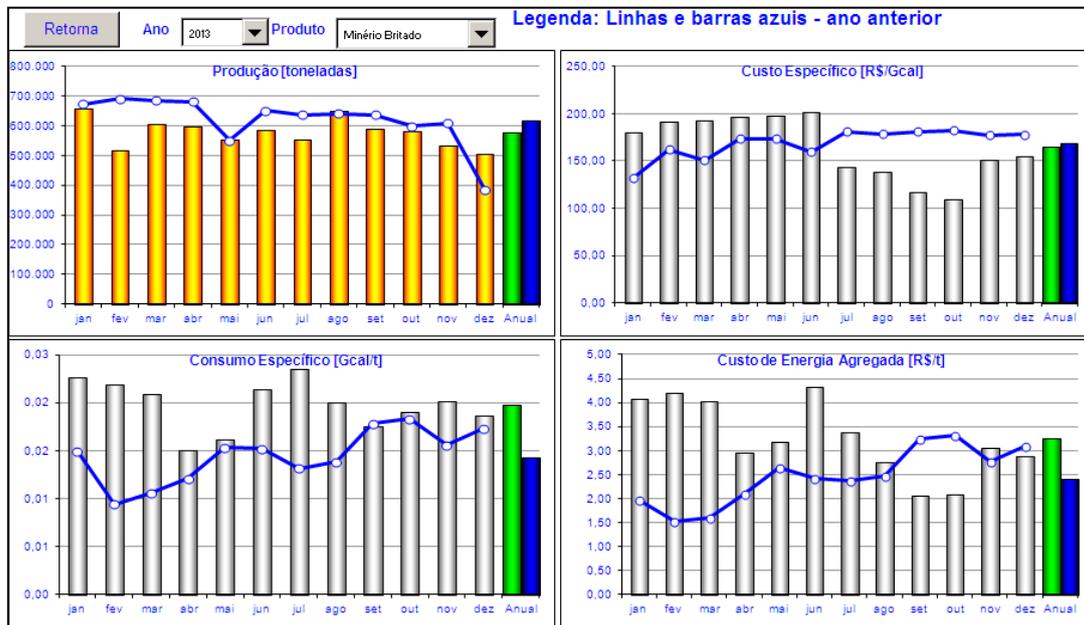


Figura 22—Índices de controle do sistema de informação de energia
 Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

A figura 23 permite verificar se toda a energia elétrica comprada no ano foi alocada, assim como o quanto de energia elétrica foi apropriada nos processos produtivos.

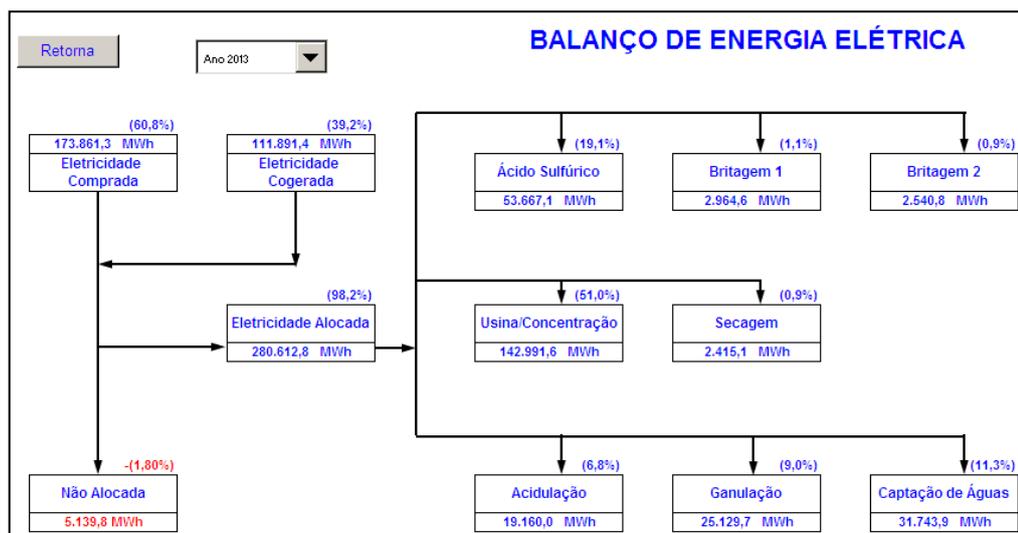


Figura 23—Balanço de energia elétrica do sistema de informação de energia
 Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

O balanço para o óleo diesel (figura 24) possibilita verificar a alocação deste insumo no ano corrente.

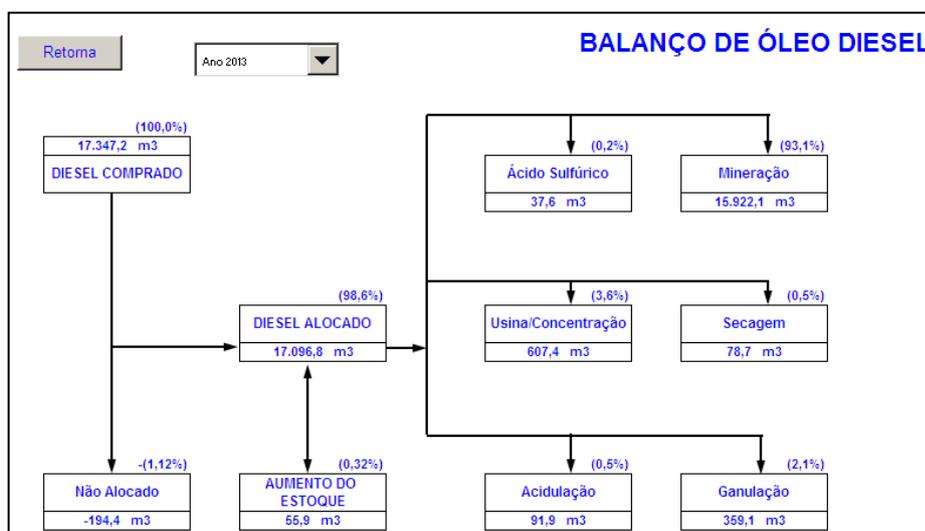


Figura 24–Balanço de óleo diesel do sistema de informação de energia
Fonte: (Complexo Mineral situado entre Minas Gerais e Goiás, 2012)

2.8 EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

O cálculo das emissões evitadas de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O) será realizado a partir da quantificação da economia de combustível e energia elétrica resultantes da comparação dos sistemas de transportes industriais objeto deste trabalho.

Serão contabilizadas apenas as emissões correspondentes à quantidade de energéticos não consumidos.

A emissão evitada de gases de efeito estufa (GEE) será calculada pela multiplicação da economia energética pelo respectivo fator de emissão.

2.8.1 Emissões evitadas resultantes da economia de combustível

As emissões evitadas, resultantes da economia de combustíveis, serão calculadas pela equação (5).

$$\text{Emissão evitada GEE} = \text{Economia do combustível} \times \text{fator de emissão} \quad (5)$$

A redução de emissão de cada GEE será calculada separadamente e, por fim, convertida na equivalência em dióxido de carbono (CO₂ eq.) com base nos potenciais de aquecimento global.

O fator de emissão utilizado na equação acima deverá expressar, tanto quanto possível, as condições reais de emissão de GEE do processo/equipamento em estudo, de forma a minimizar as incertezas. Caso não haja fatores de emissão próprios e certificados, obtidos a partir das medições de gases na chaminé e/ou composição química do combustível, poderá utilizar os fatores disponibilizados pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

O Programa Brasileiro *GHG Protocol* disponibiliza fatores padrão de emissão médios do *IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change)* e do *EPA (Environmental Protection Agency)* para combustíveis no caso de combustão estacionária.

Em alguns casos os fatores de emissão são adaptados ao contexto nacional, como no caso da porcentagem de biodiesel presente no óleo diesel. A tabela 3 apresenta os fatores de emissão para alguns combustíveis.

Tabela 3–Fatores de emissão para combustíveis e potenciais de aquecimento

Fonte: (CNI, 2012)

Combustível	Setor	Kg CO ₂ /TJ	Kg CH ₄ /TJ	Kg N ₂ O/TJ
Óleo diesel	Industrial	74.100	3	0,6
Gás natural	Industrial	56.100	1	0,1
Coque de petróleo	Industrial	97.500	3	0,6
Madeira	Industrial	112.000	30	5
Licor negro	Industrial	95.300	3	2

2.8.2 Emissões evitadas resultantes da economia de energia elétrica

A estimativa da redução das emissões de GEE procedentes da economia de energia elétrica seguirá a metodologia AMS-I.D.4.

Desse modo, as emissões evitadas serão calculadas pela equação (6).

$$\text{Emissão evitada GEE} = \text{Economia de energia elétrica} \times \text{fator de emissão elétrico} \quad (6)$$

Os fatores de emissão de CO₂ pela compra de energia elétrica proveniente do Sistema Interligado Nacional (SIN) são publicados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), e são calculados de acordo com a ferramenta metodológica aprovada pelo Conselho Executivo do MDL.

O fator de emissão elétrico (EF_{grid,CM,y}) é composto pela combinação do fator de emissão da margem de operação (EF_{grid,OM,y}) e do fator de emissão da margem de construção (EF_{grid,BM,y}).

O fator de emissão da margem de operação considera que a energia seria procedente das usinas marginais que constituem o SIN. Já o fator de emissão da margem de construção representa a expansão do sistema elétrico, conectado ao SIN, considerando a construção de novas usinas conforme a tendência de construção observada. A composição é realizada conforme a equação (7).

$$EF_{grid,CM,y} = EF_{grid,OM,y} \times W_{OM} + EF_{grid,BM,y} \times W_{BM} \quad (7)$$

Em que:

W_{OM} = peso do fator de emissão da margem de operação;

W_{BM} = peso do fator de emissão da margem de construção.

Por definição da metodologia AMS-I.D, os valores de W_{OM} e W_{BM} são iguais a 0,50 para o primeiro ano após a implantação.

Como exemplo, será calculado a seguir o fator de emissão para o ano de 2010. A figura 25 apresenta os fatores de emissão de CO₂ da margem de operação e construção referentes àquele ano, disponibilizados pelo MCTI.

MARGEM DE CONSTRUÇÃO												
Fator de Emissão Médio (tCO ₂ /MWh) - ANUAL												
2010	0,1404											
MARGEM DE OPERAÇÃO												
Fator de Emissão Médio (tCO ₂ /MWh) - MENSAL												
2010	MÊS											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
	0,2111	0,2798	0,2428	0,2379	0,3405	0,4809	0,4347	0,6848	0,7306	0,7320	0,7341	0,6348

Figura 25–Fatores de emissão das margens de operação e de construção

Fonte: (MCTI, 2014)

O cálculo do fator de emissão de CO₂ da margem combinada é dado pela tabela abaixo:

Tabela 4–Cálculo do fator de emissão de CO₂ da margem combinada do SIN

Fonte: (CNI, 2012)

Fator de emissão margem de operação (média anual)	0,4787	t CO ₂ /MWh
Fator de emissão margem de construção	0,1404	t CO ₂ /MWh
Peso do fator de emissão da margem de operação	0,5	-
Peso do fator de emissão da margem de construção	0,5	-
Fator de emissão da margem combinada	0,3095	t CO ₂ /MWh

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a seleção dos sistemas de transportes industriais, foi desenvolvido um método subsidiado por uma ferramenta de simulação para verificar o desempenho técnico e econômico entre os sistemas estudados. Tal simulador foi desenvolvido na plataforma Excel e está compreendido pela denominação 13-214-27-MC-P-02.

Inicialmente foi realizado o balanço global de massa no seguinte volume de controle (vc): mina, usina de concentração e terminal de rocha. De maneira complementar foi realizado o balanço de massa nos sistemas de transporte estudados. Segundo Brown & Heywood (1991), foram avaliados os produtos que seriam transportados no mineroduto, a partir da identificação dos seguintes parâmetros-chaves: diâmetro interno do tubo, volume do duto de transporte, volume útil, velocidade crítica de transporte, perda de carga, consumo de energia elétrica e o tempo de operação. Posteriormente foram avaliados os produtos que seriam transportados nos caminhões fora de estrada, a partir do dimensionamento da quantidade requerida de caminhões, dos custos de frete, do consumo de diesel e do tempo de movimentação de cargas. Por fim, de acordo com CEMA (1997), foi feita a avaliação dos produtos que seriam deslocados nos transportadores de correia de longa distância (TCLD) a partir do dimensionamento de trechos das correias, do consumo de energia elétrica e do tempo de operação. Com base em tais informações, foi identificado o CAPEX (*capital expenditure*) para cada sistema de transporte industrial, de modo a verificar o montante que seria designado na aquisição de bens de capital. Para complementar a análise citada, foi identificado o OPEX (*operational expenditure*) de tais sistemas, para verificar o custo associado à manutenção dos mesmos.

3.1 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

3.1.1 Memoriais descritivos, relatórios e critérios de projeto

- a. S-RL-1000-00-3509-00 – Relatório Técnico Final do Complexo Industrial

- b. S-RL-1420-60-3501-00 – Relatório Técnico Final do Mineroduto
- c. S-CP-1100-20-3501-01 – Dados Básicos & Critérios – Mina
- d. S-CP-1420-60-3501-01 – Dados Básicos & Critérios – Sistema

Transferência de Concentrado

e. S-RL-1420-60-3504-01 – Relatório Comparativo entre Bomba Centrífuga x GEHO

f. S-MD-1420-60-3501-01 – Memorial Descritivo / Processo – Transferência Concentrado

g. S-MD-1700-60-3501-01 – Memorial Descritivo / Processo – Geral / Terminal de Rocha

h. S-MD-1700-71-3501-01 – Memorial Descritivo – Construção e Montagem (Mineroduto).

3.1.2 Listas técnicas

- a) S-RL-1000-50-3501-02 – Estudo de Demanda
- b) S-LE-1000-60-3501-02 – Lista de Equipamentos

3.1.3 Fluxogramas

A. S-FL-1000-60-3514-01 – Processo – Terminal – Filtragem e Expedição de Ultrafinos

B. S-FL-1000-60-3515-01 – Processo – Terminal – Armazenamento e Filtragem de Convencional

C. S-FL-1000-60-3516-01 – Processo – Expedição de Concentrado

D. S-FL-1420-60-3502-01 – Processo – Sistema de Transferência de Concentrado

3.1.4 Plantas

a. S-DE-1420-30-3504-01 – Planta de Tubulação – Transferência de Concentrado

b. S-DE-1420-71-3508-01 – Mapa de Rota – Transferência de Concentrado

- c. S-DE-1700-30-3501-03 – Plano Diretor – Interligação Usina / Terminal
- d. S-DE-1700-30-3502-02 – Arranjo Geral – Terminal de Rocha
- e. S-DE-1700-30-3503-02 – Plano Diretor – Terminal de Rocha
- f. S-DE-1743-30-3501-01 – Planta Geral – Galpão de Estocagem – Terminal de Rocha

3.1.5 Folha de dados

A. S-FD-1700-30-3501-01 – Folha de Dados – Transportadora de Correia.

3.2 DADOS DE PRODUÇÃO DE CONCENTRADO FOSFÁTICO

O projeto prevê uma duração de produção total de lavra de trinta e três anos conforme o documento S-RL-1000-00-3509-00 Relatório Técnico Final. A tabela 5 apresenta os dados de produção conforme o documento S-CP-1100-20-3501-01. O regime de operação média considerado para a usina de concentração é de 8.059 h/ano que implica em uma disponibilidade operacional da ordem de 92%. O regime de operação da lavra é de 4.125 h/ano. Os demais parâmetros são indicados a seguir:

Tabela 5–Dados de produção de minério conforme documento S-CP-1100-20-3501-01

PRODUÇÃO DE MINÉRIO	UNIDADES	DADOS
Concentração de P ₂ O ₅	%	10,7%
Umidade do Minério	%	17%
Regime de Operação	h/ano	5.694
Produção base úmida	t/ano	6.568.248
Produção base seca	t/ano	5.451.646
Produção horária média	t/h	1.154

Continua

Tabela 5 – Dados de produção de minério conforme documento S-CP-1100-20-3501-01 (continuação)

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO	Unidades	DADOS
Produção de Conc. Convencional	t BS/ano	975.845
Produção de Concentrado Ultrafino	t BS/ano	114.485
Produção Total de Concentrado	t BS/ano	~1.090.000
Regime de Operação	h/ano	8.059
Produção horária média de Conv.	t BS/h	121,07
Produção horária média de Ultrafino	t BS/h	14,20

Para um maior detalhamento das informações compreendidas na Tabela 5, entende-se ser oportuno verificar a Aba 0 do simulador 13-214-27-MC-P-02. As tabelas 6 e 7 apresentam os dados de produção de concentrado fosfático nas condições de transporte hidráulico (mineroduto) e transferência para transporte ferroviário.

Tabela 6–Dados de produção de concentrado fosfático nas condições de transporte hidráulico (mineroduto)

MINERODUTO	UNIDADES	DADOS
Produção Total de Concentrado	t BS/ano	~1.090.000
Regime de Operação	h/ano	8.059
Teor de sólidos no Conc. Conv. (1)	%	58 (+1%/-2%)
Teor de sólidos no Conc. Ultrafino (1)	%	37 (+1%/-2%)
Densidade do Conc. Convencional (2)	kg/m ³	1.693
Densidade do Ultrafino (2)	kg/m ³	1.357
Produção horária média de Conv.	t /h – m ³ /h	208,7 – 123,3
Produção horária média de Ultrafino	t /h – m ³ /h	38,4 – 28,4

Os dados supracitados foram extraídos do documento S-CP-1420-60-3501-01. Os valores acima foram calculados com densidade de sólidos de 3.400 kg/m³.

Para um maior aprofundamento das informações compreendidas na Tabela 6, entende-se ser oportuno verificar a Aba 0 do simulador 13-214-27-MC-P-02.

Tabela 7–Dados de produção de concentrado fosfático nas condições de transferência para transporte ferroviário

TERMINAL DE ROCHA	UNIDADES	DADOS
Produção Total de Concentrado	t BS/ano	~1.090.000
Regime de Operação	h/ano	8.059
Umidade do Conc. Convencional (1)	%BU	12
Umidade do Concentrado Ultrafino (1)	%BU	15
Densidade Aparente (2)	kg/m ³	1.900
Produção horária média de Conv.	t/h – m ³ /h	137,6 – 72,4
Produção horária média de Ultrafino	t/h – m ³ /h	16,7 – 8,8

Dados do documento S-MD-1700-60-3501-01 páginas 4.

Dados de Folha de Dados de Transportador de Correia S-FD-1700-30-3501-01.

Para um maior entendimento das informações compreendidas na Tabela 7, entende-se ser oportuno verificar a Aba 1 do simulador 13-214-27-MC-P-02.

3.3 INVESTIMENTO REQUERIDO (CAPEX)

3.3.1 Equipamentos e sistemas eletromecânicos

Tabela 8–Descrições e índices dos equipamentos e sistemas eletromecânicos

DESCRIÇÕES DOS EQUIPAMENTOS	ÍNDICES
1. Duto de concentrado de diâmetro nominal de 8" Tubo API 5L Øe 8-5/8" e espessura de 6,35 mm (33,31 kg/m), com revestimento externo e <u>sem revestimento interno</u> , sem custos de instalação e serviços de escavação.	500 R\$/m

Continua

**Tabela 8 – Descrições e índices dos equipamentos e sistemas eletromecânicos
(continuação)**

DESCRIÇÕES DOS EQUIPAMENTOS	ÍNDICES
2. Duto de concentrado de diâmetro nominal de 8" Tubo API 5L Øe 8-5/8" e espessura de 6,35 mm (33,31 kg/m), com revestimento externo e <u>sem revestimento interno</u> , sem custos de instalação e serviços de escavação.	500 R\$/m
3. Transportadores de correia comuns sem estrutura de sustentação Para TC com largura de 20" e com 3 roletes Para TC com largura de 16" plana	R\$ 10.000 / m R\$ 6.000 / m
4. Transportadores de correia de longa distância (TCLD) TCLD com largura de 24" e com 3 roletes, sem considerar estrutura metálica de sustentação. TCLD com largura de 30" e com 3 roletes, sem considerar estrutura metálica de sustentação.	R\$ 6.000 / m R\$ 7.000 / m
5. Estruturas metálicas Custo considerando peças galvanizadas a fogo.	R\$ 9.000 / t
6. Reservatórios de polpa Custo considerando chapa de aço carbono com pintura externa de fundo e de acabamento. Não foi considerado revestimento interno e nem montagem em campo.	R\$ 16.500 / t
7. Caminhão fora de estrada com capacidade líquida de 40 t Tipo basculante, L=2.800 mm, C=9.700 mm e H~3.300 mm, capacidade máxima de 46 t e volume de 22,5 m³.	R\$ 400.000 / unid.
8. Pá carregadeira com capacidade de 150 t/h de transferência de material	R\$ 550.000 / unid.

3.3.2 Obras civis

Tabela 9 – Descrições e índices das obras civis e da infraestrutura predial

DESCRIÇÕES DA OBRA / PRÉDIO / INFRAESTRUTURA	ÍNDICES
1. Estruturas em concreto armado Custo incluindo preparo, transporte, adensamento e cura.	R\$ 2.200 / m³

Continua

**Tabela 9 – Descrições e índices das obras civis e da infraestrutura predial
(continuação)**

DESCRIÇÕES DA OBRA / PRÉDIO / INFRAESTRUTURA	ÍNDICES
2. Estruturas em concreto armado Custo incluindo preparo, transporte, adensamento e cura.	R\$ 2.200 / m ³
3. Galpão coberto para pilhas de concentrado Custo considerando galpão com pé direito de 10 m, em estrutura metálica e cobertura metálica de perfil trapezoidal.	R\$ 500 / m ² (planta)
4. Estrada para carga pesada Custo considerando largura de 12 m, incluindo terraplenagem, infraestrutura para drenagem pluvial e dimensionada para carga pesada.	R\$ 500.000 / km
5. Ponte para carga pesada: Custo considerando vão máximo de 40 m, bi-apoiada para carga pesada.	R\$ 2.500.000

3.3.3 Montagem eletromecânica

Tabela 10 – Descrições e índices da montagem eletromecânica

MONTAGEM DE	ÍNDICES
1. Equipamentos mecânicos	20% do valor dos equipamentos
2. Transportadores de Correia Comuns	15% do valor dos TCs
3. Transportadores de Correia de Longa Distância	15% do valor dos TCLD
4. Tanques e reservatórios em AC para polpa	55 % do valor dos equipamentos
5. Equipamentos elétricos	15% do valor dos equipamentos
6. Equipamentos de I&C	40% do valor dos equipamentos
7. Estruturas metálicas	55 % do valor da estrutura
8. Interligação Elétrica	80% do valor de materiais elétricos
9. Tubulações em geral	70% do valor dos materiais
10. Mineroduto	30% do valor do tubo

3.3.4 Engenharia, gerenciamento e custos diversos

Tabela 11 – Descrições e índices de engenharia, gerenciamento e custos diversos

DESCRIÇÕES DOS CUSTOS	ÍNDICES
1. Engenharia referente ao projeto conceitual, básico e de detalhamento / implantação da obra e gerenciamento.	15% do custo da implantação
2. Fretes e Seguros	1,5% sobre o valor transportado
3. Meio Ambiente	1% do custo da implantação
4. Contingências	20% do custo da implantação

3.4 CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Os custos dos insumos e os de manutenção considerados no presente estudo são:

1. Energia elétrica: R\$ 167,38 / MWh
2. Água bruta: R\$ 0,50 / m³
3. Óleo diesel: R\$ 1,6 / litro (utilizado no cálculo de frete)
4. Frete para caminhão de 40 t: Vide capítulo de transporte via caminhão
5. Frete para caminhão de 35 t: R\$ 10,00 / km (frete rodoviário)
6. Manutenção de transportador de correia: 5% do valor do equipamento por ano
7. Manutenção de TCLD: 5% do valor do equipamento por ano
8. Manutenção da estrada e ponte: 2% do valor de implantação por ano
9. Manutenção de caminhão fora de estrada: 15% do valor do equipamento por ano
10. Manutenção de pá carregadeira: 15% do valor do equipamento por ano

3.5 CUSTO DE CAPITAL

Para análise de custo de capital foram utilizados os seguintes parâmetros:

1. Juros: 15% ao ano
2. Prazo de amortização do projeto: 10 anos
3. Prazo de amortização e vida útil de caminhão: 3 anos
4. Prazo de amortização e vida útil de pá carregadeira: 5 anos

3.6 SISTEMAS DE TRANSPORTES INDUSTRIAIS AVALIADOS

No presente capítulo são apresentadas as alternativas de transporte de concentrado fosfático, a saber:

Alternativa A: Transporte hidráulico na forma de polpa (mineroduto)

Alternativa B: Transporte através de caminhões fora de estrada.

Alternativa C: Transporte via Transportador de Correia de Longa Distância – TCLD.

A ferramenta de simulação 13-214-27-MC-P-02 apresenta todos os cálculos e informações relevantes e encontra-se compreendida da seguinte maneira:

Aba 0 – Balanço geral ilustrado pela figura 26;

Aba 1 – Balanço da alternativa A – Transporte Hidráulico demonstrado pela figura 27;

Aba 2 – Balanço da alternativa B – Transporte via caminhão apresentada pela figura 28;

Aba 3 – Balanço da alternativa C – TCLD mencionado pela figura 29;

Aba 4 – Equipamentos & cargas elétricas do projeto de mineroduto conforme figura 30;

Aba 5 – CAPEX observado pela figura 31;

Aba 6 – Análise econômica das alternativas compreendida pela figura 32.

Balanco de Produção de Concentrado		REVISÃO 4	ETAPA 2
PRODUÇÃO DA MINA		13/08/2013	
Concentração de P ₂ O ₅	%		10,7%
Umidade do minério	%BU		17,0%
Produção de minério úmido	t/ano		6.568.248
Produção de minério seco	t/ano		5.451.646
Regime de operação	h/ano		5.694
Produção horária	t/h		1.154
Razão Concentrado / Minério	t / t seco		20,0%
PRODUÇÃO DE CONCENTRADO - SÓLIDOS		13/08/2013	
Sólidos Secos			
Concentrado Convencional	t/h		121,07
Concentrado Ultrafino	t/h		14,20
Total	t/h		135,28
Regime de Operação	h/ano		8.060
Concentrado Convencional	t/ano		975.845
Concentrado Ultrafino	t/ano		114.485
Produção anual	t/ano		1.090.329

Figura 26–Aba 0 do simulador 13-214-27-MC-P-02

A - DUTO DE CONCENTRADO (Mineroduto)		REVISÃO 4	ETAPA 2
Diâmetro Interno do tubo API 5L-X52 ϕ 8 5/8"	mm		206,4
Comprimento	m		8.000
Volume do Duto de Transporte	m ³		267,6
Vazão de Projeto Nominal	m ³ /h		257,70
Velocidade de Transporte	m/s		2,14
Perda de carga da linha	mCA		60
	mCL		35
Diferença de cota	mCL		-100
Potência Necessária de bombeamento	kW		0
Vazão de Projeto Mínimo	m ³ /h		257,70
Autonomia	h		8,0
Volume Necessário	m ³		2.062
Nível do Tanque	%		50%
Volume Mínimo de Projeto	m ³		4.123
Quantidade de tanques	-		2
Diâmetro do tanque	m		12,0
Altura do tanque	m		12,0
Volume útil com 10% de folga total	m ³		2.443

Figura 27–Aba 1 do simulador 13-214-27-MC-P-02

B - TRANSPORTE VA CAMINHÃO		REVISÃO 4	ETAPA 2
Regime de Operação	h/ano		8.059
Produção de Concentrado Convencional	t/h		137,58
Umidade do Concentrado	%BU		12,0%
Sólidos Secos	t/h		121,07
Água	t/h		16,51
Produção de Concentrado Ultrafino	t/h		16,71
Umidade do Concentrado	%BU		15,0%
Sólidos Secos	t/h		14,20
Água	t/h		2,51
Produção Tota de Concentrado	t/h		154,29
Sólidos Secos	t/h		135,28
Água	t/h		19,02
Pilha de Estocagem de Convencional para 8 h	t		1.101
Pilha de Estocagem de Convencional para 24 h	t		3.302
Pilha Concentrado Ultrafno para 24h	t		401
Pilha Concentrado Ultrafno para 48h	t		802

Figura 28–Aba 2 do simulador 13-214-27-MC-P-02

C - TRANSPORTADOR DE CORREIA TCLD		REVISÃO 4	ETAPA 2
Produção de Concentrado Convencional	t/h		137,58
Umidade do Concentrado	%BU		12,0%
Sólidos Secos	t/h		121,07
Água	t/h		16,51
Produção de Concentrado Ultrafino	t/h		16,71
Umidade do Concentrado	%BU		15,0%
Sólidos Secos	t/h		14,20
Água	t/h		2,51
Produção Tota de Concentrado	t/h		154,29
Sólidos Secos	t/h		135,28
Água	t/h		19,02
Densidade Aparente	kg/m ³		1.900
Vazão de Concentrado Convencional	m ³ /h		72,41
Vazão de Concentrado Ultrafino	m ³ /h		8,80
Capacidade de Projeto (adicional de 20%)	m ³ /h		140,08
	t/h		266,16
Tempo de operação - Convencional	h/dia		12,4
Tempo de operação - Ultrafino	h/dia		1,5
Tempo TOTAL	h/dia		13,9

Figura 29–Aba 3 do simulador 13-214-27-MC-P-02

ÁREA	Cargas Elétricas TAG	DOC REF.: S-RL-1000-50-3501 REV. 2 Descrição	Potência [kW]	Tensão [V]	CCM	HIDR. [kW]	ROD. [kW]	TCLD [kW]
	--> a ser retirado	para as alternativas ROD. / TCLD				4.131	1.721	1.721
BOMB.POLPA	1420-DP-029	Distribuidor de concentrado convencional	0,0	-	-	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-DP-030	Distribuidor de concentrado ultrafino	0,0	-	-	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-TQ-022	Tanques de Concentrado Ultrafino	0,0	-	-	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-TQ-023	Tanques de Concentrado Convencional	0,0	-	-	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-TQ-024	Tanques de Concentrado Convencional	0,0	-	-	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-AG-022	Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-022	200,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-AG-023	Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-023	200,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-AG-024	Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-024	200,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-101	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-102	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-103	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-104	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-105R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-106R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-107R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0
BOMB.POLPA	1420-BP-108R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0
BOMB.POLPA	1420-BA-001	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BA-002	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0
BOMB.POLPA	1420-BA-003R	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	1260-CM-005	0	0	0
BOMB.POLPA	1420-BA-005	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0

Figura 30–Aba 4 do simulador 13-214-27-MC-P-02

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO							DATA	24/10/13
LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)							REV.	4
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km			75,7	milhões de R\$				
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km			60,2	milhões de R\$				
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km			112,7	milhões de R\$				
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	
A TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km			75,7	milhões de R\$				
A1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO			kR\$ 8.416	11,1%		
1.1	-	Indiretos (engenharia / gerenciamento / owner team ...)		R\$ 8.415.965		11,1%	15,0%	
A2 - EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA					kR\$ 29.161	38,5%		
2.1	1420	Duto de Transp. Concentrado (interno não revestido)	Ø 8" x 8 km	Duto Transporte	R\$ 4.000.000		5,3%	
2.2		Tubulação	Ø 1.1/2" x 115m	Tubulação	R\$ 69.000			
2.3		Tubulação	Ø 2" x 115m	Tubulação	R\$ 86.250			
2.4	1420	Conexões e Curvas Especiais		Tubulação	R\$ 623.288		0,8%	
2.5	1420	Sistema de Pigging		Tubulação	R\$ 1.000.000		1,3%	
2.6	1420	8 BP de Transporte 1420-BP-101 a 104 + RESERVAS	300 m³/h 2bar	Equip. Mecânico	R\$ 800.000		1,1%	
2.7	1420	3 Bombas de Água de Selagem (1420-BA-01/03/05/07)	22 m³/h 5 bar	Equip. Mecânico	R\$ 200.000		0,3%	
2.8	1420	Bomba Centrífuga Horizontal (BP105/106 / 107 / 108)	200 CV	Equip. Mecânico	R\$ 280.000			
2.9	1420	Bomba Centrífuga Submersível (BP-210)	75 CV	Equip. Mecânico	R\$ 670.000			
2.10	1420	Hidrociclones (HC-039)	16 x 10"	Equip. Mecânico	R\$ 260.000			
2.11	1420	3 Tanques com agitador 2.600 m³ (1420-TQ-22/23/24)	Ø15,5m x H15,5m	Equip. Mecânico	R\$ 7.500.000		9,9%	
2.12	1420	Talha Elétrica (TE-021 / TE-022)		Equip. Mecânico	R\$ 480.000			

Figura 31–Aba 5 do simulador 13-214-27-MC-P-02

Alternativa de Transporte	REVISÃO 4		Hidráulico	Caminhão	TCLD
	24/10/2013		ETAPA 2	ETAPA 2	ETAPA 2
Dados Gerais					
Regime de Operação	h/ano		8.060	8.060	8.060
Custo de água	R\$/m ³	R\$	0,50	-	-
Custo de EE	R\$/MWh	R\$	167,38	R\$ 167,38	R\$ 167,38
Custo de FRETE (caminhão fora de estrada)	R\$/km		-	R\$ 8,40	-
Custo de FRETE (caminhão rodoviário)	R\$/km			R\$ 10,00	
Preço de Óleo Diesel (não utilizado)	R\$/l		-	R\$ 1,60	-
Dados de Operação / Projeto					
Sólidos - Concentrado Convencional Produzido	t/h		121,07	121,07	121,07
Sólidos - Concentrado Ultrafino Produzido	t/h		14,20	14,20	14,20
Sólidos - Concentrado Transportado	t/h		135,28	121,07	135,28
Consumo de água	m ³ /h		14,0	0,0	0,0
Consumo de Energia	kW		1.200	100,0	360,0
Qtde de caminhões fora de estrada	unid / h			3,44	-
Qtde de caminhões rodoviários	unid / h			0,48	
Percurso (ida e volta)	km		-	18,00	-
Outros Consumos	t/h		-	-	-
Consumo Anual de Combustível	l/ano			566.708	
Consumo Energético Total	Gcal/ano		8.316	5.578	2.495

Figura 32–Aba 6 do simulador 13-214-27-MC-P-02

Os balanços de massas apresentados no capítulo 3 indicam algumas características peculiares do sistema de transporte. São elas:

a. A produção de concentrado ultrafino é muito menor que o convencional e representa somente 10,5% da produção total da usina de concentração. Dessa forma, o sistema de transporte de concentrado deverá operar em bateladas (mineroduto ou TCLD), com produção de ultrafino sendo armazenada por um ou dois dias e a sua transferência realizada durante um curto período de tempo.

b. O período de armazenamento de concentrado ultrafino não poderá ser muito longo, pois durante a sua transferência para o terminal de Rocha, o concentrado convencional deverá ser armazenado.

c. No caso do mineroduto, uma quantidade mínima de água bruta será bombeada durante a troca de produto (ultrafino para convencional e vice-versa) separando assim as bateladas de transporte.

d. Para a usina de concentração, os equipamentos e sistemas a serem instalados serão os mesmos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da simulação dos sistemas de transportes industriais apontaram o sistema com melhor desempenho técnico e econômico aquele que apresentou o menor valor dos seguintes índices: custo de capital por tonelada seca, custo operacional por tonelada seca, consumo de energia por tonelada e gases de efeito estufa.

Na composição do custo de capital, consideraram-se os seguintes parâmetros: taxa de desconto: 15% ao ano, prazo de amortização do projeto: 10 anos, prazo de amortização e vida útil de caminhão: 3 anos (para cálculo de frete de caminhão fora de estrada), prazo de amortização e vida útil de pá carregadeira: 5 anos (para cálculo de frete de caminhão fora de estrada).

Para a composição do custo operacional, consideraram-se os seguintes parâmetros: energia elétrica: R\$ 167,38 / MWh, água bruta: R\$ 0,50 / m³, óleo diesel: R\$ 1,6 / litro, frete para caminhão de 40 t: R\$ 8,4 R\$ / km (calculado para caminhão fora de estrada), frete para caminhão de 35 t: R\$ 10,00 (frete rodoviário), manutenção de transportador de correia: 5% do valor do equipamento por ano, manutenção de TCLD: 5% do valor do equipamento por ano, manutenção da estrada e ponte: 2% do valor de implantação por ano, manutenção de caminhão fora de estrada: 15% do valor do equipamento por ano, manutenção de pá carregadeira: 15% do valor do equipamento por ano. BURT & CACCETTA (2013) comprovaram a composição do custo operacional dos caminhões fora de estrada em questão quando mencionaram que tais custos são diretamente proporcionais a sua capacidade de carga.

Os cálculos foram apresentados na ferramenta de simulação 13-214-27-MC-P-02. Para efeitos de comparação, o sistema de transporte hidráulico (mineroduto) foi considerado como sendo a base, a partir da qual foram calculadas as diferenças econômicas e energéticas. A escolha recaiu sobre essa alternativa, pois foi o sistema considerado na etapa de projeto básico. As figuras 33, 34, 35, 36, 37 e 38 apresentam o comportamento econômico, do

consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa dos sistemas de transportes.

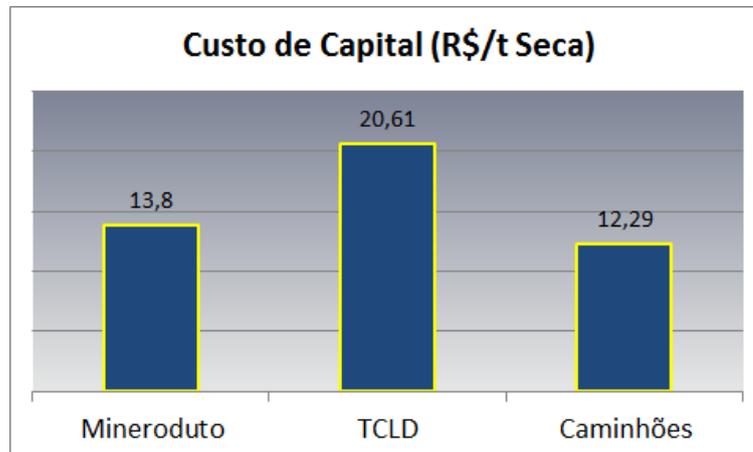


Figura 33 - Custo de capital dos sistemas de transportes

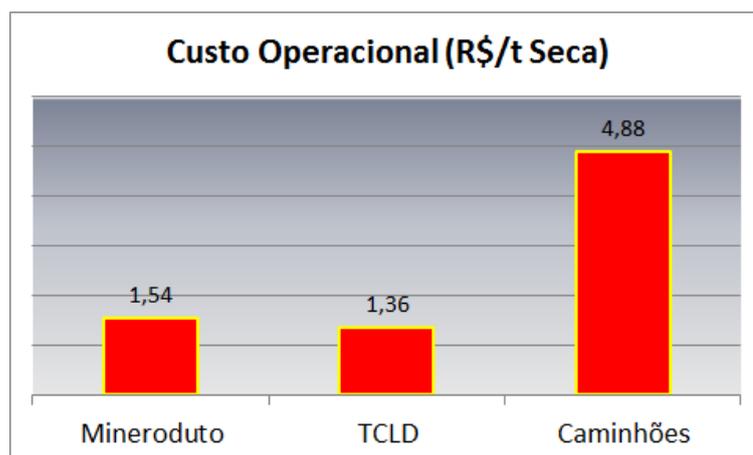


Figura 34 - Custo operacional dos sistemas de transportes

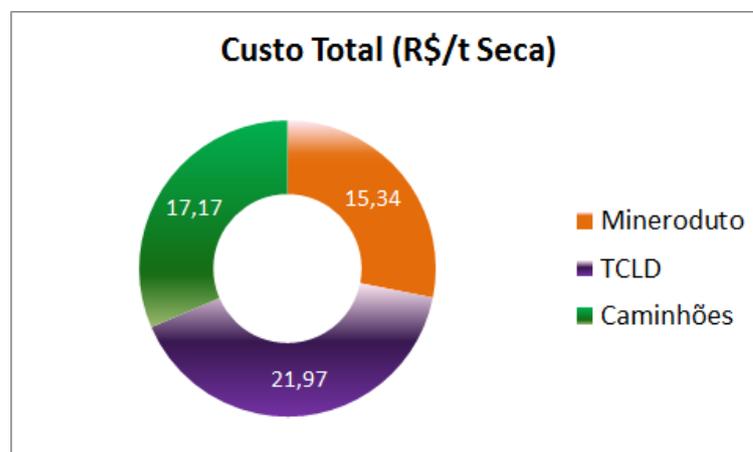


Figura 35 - Custo total dos sistemas de transportes

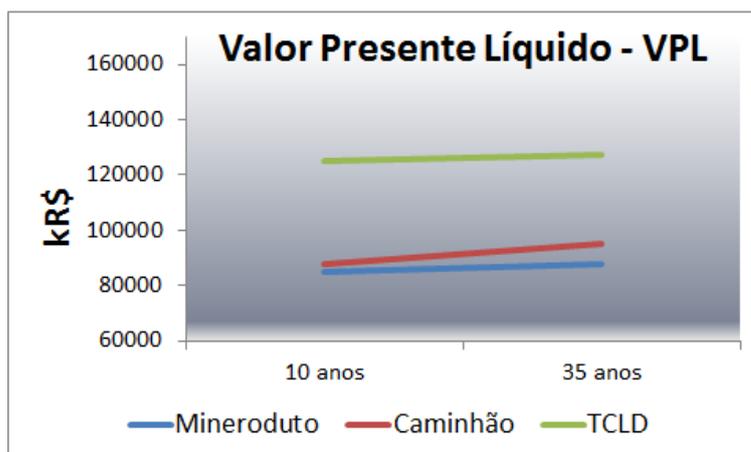


Figura 36 – Valor Presente Líquido dos sistemas de transportes

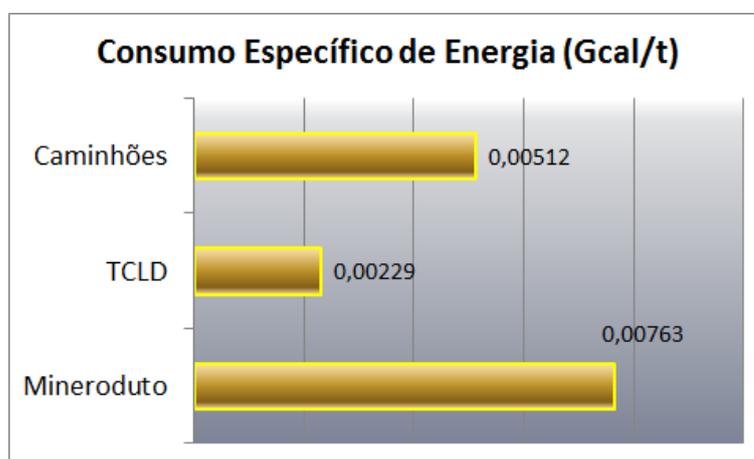


Figura 37 - Consumo específico de energia dos sistemas de transportes

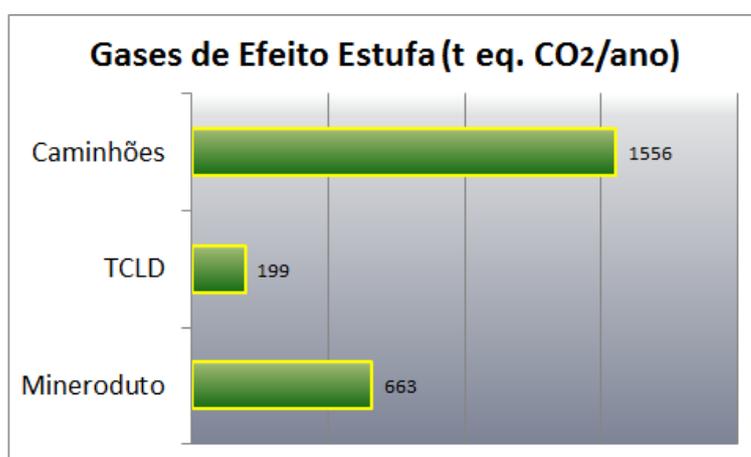


Figura 38 - Emissões de gases de efeito estufa dos sistemas de transportes

O mineroduto estudado tem diâmetro interno de 8 polegadas, comprimento de 8 km, vazão projetada de 257,7 m³/h e velocidade de transporte de 2,14 m/s. O traçado final do TCLD dispôs de 4 trechos. Já o dimensionamento do sistema para caminhões fora de estrada compreendeu 5 unidades *off Road*, a construção de uma via de acesso de 9 km e uma ponte com vão de 40 m para tráfego pesado. As análises técnicas e econômicas mostraram uma clara vantagem do sistema de transporte industrial realizado por meio do mineroduto.

Do ponto de vista energético, o TCLD apresentou um consumo específico menor (0,00229 Gcal/t) quando comparado ao mineroduto (0,00763 Gcal/t) e ao transporte rodoviário (0,00512 Gcal/t). A composição do consumo de energia elétrica se baseou no tempo de operação e nas potências requeridas de cada sistema de transporte. O consumo de óleo diesel foi obtido a partir das especificações técnicas dos fabricantes dos caminhões.

No que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa, o TCLD apresentou o menor impacto ambiental (199 t eq. CO₂/ano) quando comparado ao transporte rodoviário (1.556 t eq. CO₂/ano) e ao mineroduto (663 t eq. CO₂/ano). Tal índice foi calculado com base no fator médio de emissões do grid brasileiro compreendido pelo período de janeiro à dezembro de 2012.

4.1 ALTERNATIVA A – TRANSPORTE HIDRÁULICO (MINERODUTO)

4.1.1 Descrição geral do Mineroduto

O projeto básico do transporte hidráulico já foi desenvolvido pela empresa de mineração localizada entre Minas Gerais e Goiás e conta com uma completa documentação. As informações apresentadas a seguir foram obtidas dos seguintes documentos:

- I. S-CP-1420-60-3501-01 com critérios de projeto e caracterização da polpa.
- II. S-MD-1420-60-3501-01 e RL-1420-60-3501-00 que descreve o Mineroduto.

III. S-MD-1420-71-3501-01 que descreve a construção e montagem do mineroduto.

IV. S-MD-1700-60-3501-01 que descreve o terminal de rocha.

O fluxograma esquemático do transporte hidráulico de concentrado encontra-se no Anexo A. No Anexo B encontra-se o arranjo físico do Terminal de Rocha. O Anexo F apresenta o plano diretor do Terminal de Rocha.

A estação de bombeamento de polpa de concentrado convencional e ultrafino localizado na Usina de Concentração conta com três reservatórios de concentrado e dois conjuntos de bombas com quatro unidades operando em série (para cada conjunto). Os principais equipamentos do sistema de bombeamento estão relacionados a seguir:

Na Usina de Concentração:

Distribuidor de concentrado: (1420-DP-029/030);

Tanques de estocagem de concentrado ultrafino (1420-TQ-022);

Tanques de estocagem de concentrado convencional (1420-TQ-023/024);

Bombas de transporte – 1º conjunto: (1420-BP-101/102/103/104);

Bombas de transporte – 2º conjunto (reserva):(1420-BP-105R/106R/107R/108R);

Bombas de água de selagem: (1420-BA-001/002/003);

Estação de lançamento de “PIG” para limpeza do mineroduto.

No Terminal de Rocha:

Estação com orifícios na parte final do mineroduto, sendo 5 unidades fixas e 5 reservas;

Válvulas de isolamento do mineroduto;

Sistema de segurança com discos de ruptura;

Bomba do espessador (1740-BP-001);

Espessador (1740-EP-001);

Bombas de ultrafinos do espessador (1740-BP-004/005);
Estação de Recebimento de "PIG";
Bacia de emergência.

O mineroduto ou duto de transporte de polpa possui uma extensão aproximada de 8 km saindo da cota de 1.050 m da Usina de Concentração para 945 m no Terminal de Rocha, sendo que as características principais de projeto são:

Especificação do tubo: API 5L-Gr. B;
Dimensões do tubo: ØN 8" x Øe = 8.5/8" x espessura = 0,25" (6,35 mm);
Revestimento Externo: PEAD tripla camada;
Revestimento Interno: não considerado no estudo. (opções em PEAD/poliuretano/poliureia);
Outros: Proteção catódica;
Taxa de corrosão do concentrado:
Convencional: 4 mpy (milésimos de polegadas por ano);
Ultrafino: ~13 mpy (milésimos de polegadas por ano);
Projeto: 4 mpy (milésimos de polegadas por ano).
Inclinação máxima aceitável para o mineroduto para paradas com polpa sem risco de entupimento da tubulação de 15%.

O concentrado transportado através do mineroduto é recebido no Terminal de Rocha no distribuidor de polpa motorizado 1740-DP-001, sendo que o mesmo pode ser enviado por gravidade para os tanques de armazenamento ou sistema de espessamento / bacia bipartida.

O concentrado ultrafino proveniente do distribuidor é armazenado e enviado em seguida para um sistema de filtração para atingir uma umidade de 15%BU. Os equipamentos envolvendo esse sistema são:

Tanques de estocagem de concentrado ultrafino (1740-TQ-001);
Bomba de alimentação: (1740-BP-001);

Filtros de tambor com área útil de filtração de 28 m² cada: (1742-FL-001);

Bomba de vácuo de anel líquido: (1742-BV-001);

Transportador de correia de transferência para o Galpão: (1743-TC-001);

Amostrador de produto tipo linear instalado no 1743-TC-001: (1743-AM-004).

O concentrado convencional proveniente do distribuidor é armazenado e enviado em seguida para um sistema de filtração para atingir uma umidade de 12%BU. Os equipamentos envolvendo esse sistema são:

Tanques de estocagem de concentrado convencional (1740-TQ-002/003);

Bombas de alimentação: (1740-BP-015/016);

Hidrociclonação Ø10": (1742-HC-001/002);

Filtros de Esteiras com área útil de filtração de 30 m² cada: (1742-FL-003/004);

Bombas de vácuo de anel líquido: (1742-BV-003/004);

Transportador de correia de transferência para o Galpão: (1743-TC-003/004);

Amostrador de produto tipo linear instalado no 1743-TC-003: (1743-AM-003).

O Galpão de armazenamento de concentrado possui uma área de 10.500 m² (52,5 m x 200 m) e conta com as seguintes características e equipamentos:

Pilha de armazenamento de concentrado ultrafino 2 x 1.950 m³: 2 x 3.500 t;

Pilha de armazenamento de concentrado convencional 20.000 m³: 36.000 t;

Transportador de correia para formação das pilhas de ultrafino: (1743-TC-002);

Transportador de correia para formação da pilha de convencional:
(1743-TC-005);

Transportador de correia de Transferência para o Silo: (1743-TC-006);

Alimentador de correia, retomada de concentrado p/1743-TC-006:
(1743-AC-001/002);

Amostrador de produto tipo linear instalado no 1743-TC-006: (1760-AM-001).

A retomada do concentrado será realizada por pás carregadeiras.

O sistema de carregamento ferroviário terá capacidade para expedição de dois carregamentos diários em composições de 48 vagões com capacidade de 70 toneladas, sendo realizado pelos seguintes equipamentos:

Silo de carregamento de 35 m³: (1760-SL-001);

Alimentador de Correia: (1760-AC-003);

Transportador de Correia móvel: (1760-AC-008).

O transporte final de concentrado será efetuado das seguintes formas (conforme descrito no documento S-MD-1700-60-3501-01):

Convencional: ferrovia e em emergência por caminhão rodoviário de 35 t. Retomada e carregamento via pás carregadeiras 988.

Ultrafino: Apenas por rodovia utilizando caminhões rodoviários de 35 t.

O Terminal de Rocha conta com uma estocagem adicional de concentrado com as seguintes características e equipamentos:

Pilha de concentrado ao tempo (pilha pulmão): 100.000 t;

Transportador de correia para formação da pilha pulmão: (1743-TC-007).

A água proveniente de ambos os sistemas de filtração é bombeada para um sistema de espessamento, sendo que o *overflow* é encaminhado por canais para a bacia de emergência e o *underflow* para o sistema de filtração do concentrado convencional.

Os seguintes itens compõem o sistema de filtração:

Caixa de coleta de água dos sistemas de filtração: (1742-CX-223);

Bombas de transferência da caixa de coleta para Espessador: (1742-BP-223/224R);

Espessador de concentrado Ø35m (1741-EP-001);

Bacia de emergência bipartida: 3.000 m³ + 7.000 m³;

Sistema de Clarificação de Água: (1741-EE-001/002);

Peneira de proteção tipo DSM, com tela de 1 mm: (1741-PN-001);

Diversas bombas: (1741-BP-021/100/101);

Lagoa de água recuperada: 4.000 m³.

O Terminal de Rocha conta com diversos sistemas auxiliares, sendo que os principais são:

Sistema de ar comprimido para instrumentação e ar de serviço;

Sistema de água potável, incluindo poço profundo;

Sistema de rede de água de incêndio;

Estação compacta de tratamento de água;

Estação compacta de tratamento de esgoto;

Separador água e óleo.

4.1.2 Dados da operação do Mineroduto

Os dados de operação calculados com base no balanço apresentado no capítulo 3 encontram-se relacionados na tabela 12 a seguir:

Tabela 12–Dados de operação do mineroduto

ITENS PARA ESTUDO MINERODUTO			PRODUTOS	UNIDADES	DADOS
Produção Concentrado	Total	de	Conv.	t BS/ano	~975.500
			UF	t BS/ano	~114.500
Regime de Operação			Conv./UF	h/ano	8.059
pH			Conv.	-	7,45
			UF	-	9,54
Teor de Sólidos Concentrado		no	Conv.	%	58%
			UF	%	37%
Densidade do Concentrado			Conv.	Kg/m ³	1.693
			UF	Kg/m ³	1.354
Produção Concentrado	Média	de	Conv.	t / h – m ³ /h	208,7 – 123,3
			UF	t / h – m ³ /h	38,4 – 28,4

As características do duto de transporte, assim como as dos tanques de armazenamentos definidos no **projeto básico**, estão relacionadas a seguir:

Duto de transporte ØN8":

Vazão de projeto MIN-MAX: 257,7 m³/h – 311,2 m³/h (S-RL-1420-60-3501-00)

Velocidade MIN-MAX: 2,14 m/s – 2,58 m/s (conf. S-RL-1420-60-3501-00)

Reservatórios de armazenamento de concentrado convencional e ultrafino na usina:

TAG: 1420-TQ-022/023/024

S-FD-1420-60-3502-01, folha de dados dos agitadores.

Ø15,5 m x H15,5 m (altura útil de 14,1 m, volume útil de 2.700 m³)

Reservatórios de concentrado convencional e ultrafino no Terminal de Rocha:

TAG: 1740-TQ-001/002/003

S-FD-1420-60-3502-01, folha de dados dos agitadores.

Ø13,5 m x H13,5 m (altura útil de 12,6 m, volume útil de 1.700 m³)

4.1.3 Estimativa de investimento do Mineroduto

A estimativa de investimento para a alternativa de transporte hidráulico foi baseada nos equipamentos e sistemas que se destinam especificamente ao mineroduto. Os sistemas de filtração e boa parte do Terminal de Rocha que são comuns às soluções de transporte através de caminhão e TCLD não foram considerados.

Dessa forma, o investimento a ser considerado para o mineroduto compõe dos seguintes itens:

1. Duto de transporte ØN 8" de 8 km, sem revestimento interno e revestido externamente com tripla camada de PEAD.

2. Bombas de transporte 1420-BP-101/102/103/104 e respectivas reservas 1420-BP-105R/106R/107R/108R, além das bombas de água de selagem 1420-BA-001/002/003.

3. Sistema PIGGING considerando estação de lançamento e recebimento.

4. Reservatórios 1420-TQ-022/023/024 com volume útil de 1.220 m³ (12 m x H12 m) na Usina, respectivos agitadores e distribuidores 1420-DP-029/030.

5. Reservatórios 1740-TQ-001/002/003 com volume útil de 1.220 m³ (12 m x H12 m) no Terminal de Rocha, respectivos agitadores e o distribuidor rotativo 1720-DP-001.

6. Espessador 1740-EP-001/002 e Clarificador 1741-EE-001/002, assim como a lagoa de água recuperada e diversas bombas pertencentes ao sistema:

1741-BP-004/005R	Bomba de polpa do espessador;
1740-BP-008	Bomba de polpa de tanques para espessador;
1741-BP-021	Bomba de polpa da bacia para espessador Ultrafino;
1741-BP-102	Bomba do sistema de clarificação;
1741-BD-005/006R	Bomba de Sulfato de Alumínio;
1741-TQ-001	Tanque de Sulfato de Alumínio (fibra de vidro);
1741-ST-001	Sistema de Preparação e Dosagem.

Z. Diversas bombas e equipamentos:

1420-BA-005/007	Bomba centrífuga multiestágio;
1420-BP-210	Bomba de polpa (de poço- limpeza);
1420-UH-001	Unidade hidráulica;
1740-UH-001	Unidade hidráulica das válvulas;
1420-AM-027	Amostrador secundário;
1740-AM-002	Amostrador secundário final

Mineroduto;

1740-TE-003/004	Talhas elétricas;
1741-TE-009/010/011	Talhas elétricas.

Os equipamentos referentes aos sistemas de filtração e diversos equipamentos associados não foram considerados na composição do investimento, uma vez que para as outras soluções de transporte, serão transferidos para a usina de concentração.

Outros sistemas, tais como de carregamento de vagões e caminhões e utilidades também não foram considerados, pois irão permanecer no terminal (mesmo que sejam de capacidade menor).

Os principais equipamentos estão relacionados a seguir:

A. Sistema de Filtração de Concentrado

Filtros a vácuo tipo esteira e tambor rotativo;

Bombas de vácuo;

Sistema de suprimento de água de selagem, incluindo torre de resfriamento e bombas.

B. Sistema de carregamento de vagões e caminhões

Galpão de armazenamento e área de formação de pilha pulmão;

Transportadores de correia: 1743-TC-001/003/004/006/007/008;

Transportadores de correia tipo reversível: 1743-TC-002 / 005;

Alimentadores de correia: 1743-AC-001 / 002 / 003;

Amostradores: 1743-AM-001 / 002 / 003;

Chute Móvel: 1743-DM-001.

C. Utilidades com equipamentos de menor capacidade para as outras soluções de transporte:

Bacias de Contenção de Emergência (atendendo contaminação de drenagem pluvial);

Sistema de água potável;

Estação de tratamento de água e esgoto;

Sistema de água de incêndio;

Sistema de ar comprimido.

Os principais itens estão relacionados no simulador 13-214-27-MC-P-02.

A tabela 13 abaixo apresenta um resumo do investimento estimado.

Tabela 13– Resumo do investimento estimado do mineroduto

INVESTIMENTOS – MINERODUTO	VALORES [kR\$]	%
Projeto e Gerenciamento	8.400	11,0%
Equipamentos Mecânicos e Tanques (caldeiraria)	29.100	38,0%
Equipamentos Elétricos	2.500	3,0%
Equipamentos de I&C de campo e automação	1.600	2,0%
Material de Instalação Mecânica	2.100	3,0%
Material de Instalação Elétrica e I&C	500	1,0%
Montagem eletromecânica	10.500	14,0%
Obras Civas (Materiais e mão de obra)	9.700	13,0%
Diversos e Contingência	11.200	15,0%
Total	75.600	100,0%

4.1.4 Estimativa de custos de operação e manutenção do Mineroduto

Os insumos principais a serem considerados são:

Água Bruta: 14 m³/h

Energia Elétrica: 1.200 kW (o cálculo do consumo elétrico encontra-se descrito no Anexo C e inclui a potência de bombeamento da água de volta para a Usina).

Basicamente as maiores potências instaladas são:

Bombeamento da polpa: 4 x 150 kW, operando 60% do tempo

Agitadores dos tanques de polpa: 3 x 200 kW (na Usina)

Agitadores dos tanques de polpa: 3 x 200 kW (no Terminal de Rocha)

Os três itens acima representam uma potência consumida de 1.080 kW (utilizando um fator 0,6), ou seja, em torno de 79% do consumo total).

A perda de carga do mineroduto assim como a potência necessária para o seu bombeamento foram calculadas, obtendo-se um valor compatível com a apresentada no projeto básico (vide resultados no Anexo G).

Vale ressaltar que a potência de bombeamento de toda a água utilizada no mineroduto até a Usina é da ordem de 50 kW, sendo que a mesma foi considerada no consumo elétrico. Desta forma, considerando as demais cargas do sistema, a potência total consumida pelo mineroduto é de aproximadamente 1.200 kW. A tabela 14 ilustra o consumo energético no mineroduto.

Tabela 14–Consumo energético do mineroduto

CONSUMO ENERGÉTICO	UNIDADES	DADOS
Energia Elétrica	MWh/ano	9.671
Energia - total	Gcal/ano	8.316

Considerando o regime de operação anual de 8.059 horas, as produções de concentrado e os custos dos insumos, tem-se o custo operacional de **R\$ 1,54 por tonelada de concentrado seco**.

4.1.5 Custos totais de transporte do Mineroduto

Os custos totais de transporte de concentrado via mineroduto resultam nos dados da tabela 15.

Tabela 15–Custo total de transporte do mineroduto

CUSTOS DO MINERODUTO	UNIDADES	DADOS
Custo de Capital	R\$ / t BS	13,80 (90%)
Custo Operacional	R\$ / t BS	1,54 (10%)
Custo Total	R\$ / t BS	15,34 (100%)

4.2 ALTERNATIVA B – TRANSPORTE POR CAMINHÕES

4.2.1 Descrição geral do transporte por Caminhões

O fluxograma esquemático da alternativa do transporte por caminhão encontra-se no Anexo D, além de diagrama esquemático onde estão identificados os principais equipamentos e sistemas. O Anexo F apresenta o plano diretor do Terminal de Rocha e a localização do Terminal de Descarregamento de Caminhões.

A implantação de transporte por caminhão fora de estrada requer uma via de acesso entre a usina de concentração e Terminal de Rocha para trânsito pesado de caminhões fora de estrada. O trajeto exato da via de acesso não foi definido, porém para efeito de estudo, será adotado um comprimento de 9 km. Além disso, será necessária a construção de uma ponte para travessia do rio localizado na região e um terminal de descarregamento de caminhões localizado ao norte da ferrovia (o terminal de rocha encontra-se ao sul), evitando assim a travessia da via férrea pelos caminhões fora de estrada.

Para o transporte por caminhão foi considerada a mesma premissa da opção de mineroduto para transporte final do concentrado, a saber:

Item a - O concentrado ultrafino deverá ser transportado via caminhão rodoviário de 35 t;

Item b - O concentrado convencional deverá ser transportado preferencialmente por ferrovia e somente via caminhões na impossibilidade de se utilizar a primeira opção.

Dessa forma, adotou-se que o carregamento final do concentrado ultrafino irá ocorrer na própria usina e o produto seguirá para o seu destino final via caminhão rodoviário. Entende-se que exista uma estrada que interliga a usina à rodovia MG 230 ou que será utilizado o novo acesso a ser construído entre a usina e terminal acima mencionado. Com base nas considerações acima, o transporte de concentrado via caminhão deverá contar com a construção ou instalação dos seguintes itens:

Item 1 - Via de acesso entre a Usina de Concentração e o Terminal de Rocha com as seguintes características:

Extensão de 9 km com 12 m de largura com sistema de drenagem pluvial e dimensionado para carga pesada (caminhão com 40 t de produto transportado e frequência aproximada de 100 caminhões por dia).

Ponte sobre o rio localizado na região com estrutura bi-apoiada e vão máximo de 40 m.

Item 2 - Terminal de carregamento de caminhão na Usina de Concentração para caminhão fora de estrada e caminhão rodoviário, que consiste dos seguintes itens:

Galpão de armazenamento de 30 m x 70 m para formação de pilha de convencional de 3.500 t e ultrafino de 400 t, ambas correspondentes a 24 h de produção.

TC-01/02 (similares a 1743-TC-001/002) entre a filtração de concentrado ultrafino e o galpão de armazenamento de produto, com largura de 400 mm (plana), comprimento de 105 m / 22 m e capacidade aproximada de 20 t/h.

TC-03/04/05 (similares a 1743-TC-003/004/002) entre a filtração de concentrado convencional e o galpão de armazenamento de produto, com largura de 600 mm, comprimento de 90 m / 90 m / 22 m e capacidade aproximada de 165 t/h.

Infraestrutura para estacionamento de caminhões rodoviários e área para motoristas.

Item 3 - Terminal de Descarregamento de Caminhões e Transporte via Transportador de Correia até o Terminal de Rocha, que compreende os seguintes itens:

TC-08A/B (similares a 1743-AC-001/002) com controle de velocidade via inversor de frequência e providos de moegas de descarregamento.

TC-09 (similar a 1743-TC-006) para travessia da via férrea com extensão aproximada de 500 m.

TC-10 provido de desviador de fluxo, para alimentação de produto para os transportadores de do Terminal de Rocha 1743-TC-001 e 1743-TC-003.

Área não coberta para formação de uma pilha de emergência com capacidade de armazenamento de 1.100 t de concentrado convencional, equivalente a 8 horas de produção.

Infraestrutura incluindo portaria, área de manobra de caminhões, drenagem pluvial etc.

Ressalta-se que o terminal de descarregamento deverá estar localizado de tal forma a evitar que os caminhões fora de estrada cruzem a linha férrea. O sistema de filtração (esteira e tambor) deverá ser instalado na Usina de Concentração incluindo os equipamentos de geração de vácuo, sendo que as drenagens de produto dessa área deverão ser interligadas às instalações de espessamento e bacia de contenção de emergência existentes da Usina.

Para o estudo foi considerado um caminhão com capacidade de útil de 40 t. Ressalta-se que os dados de catálogo do modelo G-470 10x4 do fabricante SCANIA informam uma capacidade máxima de 46 t para um volume da caçamba de 22,5 m³. Considerando uma densidade aparente de 1,9 t/m³ calcula-se uma capacidade máxima de transporte de 42,75 t.

4.2.2 Dados de operação do transporte por Caminhões

Os dados de operação calculados com base no balanço de concentrado seco apresentado no capítulo 3 encontram-se relacionados na tabela 16, a seguir:

Tabela 16–Dados de operação dos caminhões

ITENS PARA ESTUDO CAMINHÕES	PRODUTOS	UNIDADES	DADOS
Produção Total de Concentrado	Conv.	t BS/ano	~975.500
	UF	t BS/ano	~114.500
Regime de Operação	Conv./UF	h / ano	8.059
Densidade aparente do Concentrado	Conv./UF	kg / m ³	1.900
Produção de Concentrado Convencional (12% de umidade)	Conv.	t / h – m ³ /h	137,6 – 72,4
	Conv.	t / dia	3.302,0
	Conv.	t / ano	1.108.483
Produção de Concentrado Ultrafino (15% de umidade)	UF	t / h – m ³ /h	16,7 – 8,8
	UF	t / dia	401,3
	UF	t / ano	134.635
Capacidade útil do caminhão "off road"	-	t	40,0
Capacidade útil do caminhão rodoviário	-	t	35,0
Tráfego de caminhões na Usina	Conv.	Unid. / h	3,4
	Conv.	Unid. / dia	82,5
	Conv.	Unid. / ano	27.712
Distância percorrida (ida e volta)	-	km	18,0
	Conv.	km / ano	499 mil
Tempo Total de Operação	-	h / viagem	0,8
Tempo de carregamento & manobra	-	h	0,1
Tempo de descarregamento & manobra	-	h	0,1
Duração da viagem	-	h	0,6
Regime de operação carga e descarga	-	h / dia	24
Viagens por caminhão por dia	Conv.	Unid. / dia	30
Caminhões em operação	Conv.	Caminhões	3 (2,8 calculado)
Frota mínima requerida	Conv.	Caminhões	4
Distância percorrida por caminhão	Conv.	km / ano	124.705

Continua

Tabela 16 – Dada de operação dos caminhões (continuação)

ITENS PARA ESTUDO CAMINHÕES	PRODUTOS	UNIDADES	DADOS
Período de renovação da frota	Conv.	Anos	3
Consumo Combustível – Caminhões	Conv.	l / h	20,0
	Conv.	l / viagem	16,0
	Conv.	l / ano	443.396
Consumo específico	Conv.	l / t BS	0,165
	Conv.	km / l	1,125
Pás carregadeiras	-	Unid.	1,5
Capacidade média	-	t / h	150,0
Consumo de combustível	-	l / h	25,0
Fator de Utilização Calculado	-	%	61,1%
Período de renovação	-	Anos	5

4.2.3 Estimativa de investimento do transporte por Caminhões

A estimativa de investimento para essa alternativa considera que o sistema de filtração e boa parte do Terminal de Rocha permanecerão sem alterações, sendo que a unidade de filtração estará instalada na usina de concentração. Os investimentos relativos a caminhões fora de estrada e pás carregadeiras, além de eventualmente escavadeira ou *bulldozer* estão considerados no cálculo do frete. Os principais itens estão relacionados na ferramenta de simulação 13-214-27-MC-P-02. A tabela 17 apresenta um resumo do investimento estimado.

Tabela 17– Resumo do investimento estimado para os caminhões

INVESTIMENTOS TRANSPORTE VIA CAMINHÕES	VALORES [kR\$]	%
Projeto e Gerenciamento	6.700	11,0%
Equipamentos Mecânicos e Tanques (caldeiraria)	14.900	25,0%
Equipamentos Elétricos	2.000	3,0%

Continua

**Tabela 17 – Resumo do investimento estimado para os caminhões
(continuação)**

INVESTIMENTOS TRANSPORTE VIA CAMINHÕES	VALORES [kR\$]	%
Equipamentos de I&C de campo e automação	1.600	3,0%
Material de Instalação Mecânica	2.100	3,0%
Material de Instalação Elétrica e I&C	1.100	2,0%
Montagem eletromecânica	9.700	16,0%
Obras Civis (Materiais e mão de obra)	13.200	22,0%
Diversos e Contingência	8.900	15,0%
Total	60.200	100,0%

4.2.4 Estimativa de custos de operação e manutenção – frete

O consumo elétrico a ser considerado está relacionado ao novo conjunto de transportadores de correia a ser instalado na usina, a saber: 156 kW x 0,6 ~ 100 kW. O consumo acima foi calculado com base nas potências elétricas de transportadores de correias similares indicados no capítulo 4.2.1 e estão relacionados no Anexo C. Além do consumo de energia elétrica, também foi avaliado o consumo energético de óleo diesel, considerando um poder calorífico inferior de 8.615 kcal/l (36.097 kJ/l). A tabela 18 apresenta tal avaliação. O consumo de óleo diesel está calculado na ferramenta de simulação 13-214-27-MC-P-02.

Tabela 18–Consumo energético dos caminhões

CONSUMO ENERGÉTICO	UNIDADES	DADOS
Energia Elétrica	MWh/ano	806
Óleo Diesel	1000 l/ano	567
Energia - total	Gcal/ano	5.578

O cálculo do frete encontra-se no simulador 13-214-27-MC-P-02, sendo que a tabela 19 apresenta os principais valores. Vale ressaltar que o frete será

aplicado somente para o concentrado convencional, uma vez que, o ultrafino seguirá diretamente da usina.

Tabela 19 – Principais valores do cálculo do frete dos caminhões

CÁLCULO DO FRETE	PRODUTOS	UNIDADES	DADOS
Produção de Conc. Convencional	Conv.	t BS/ano	~975.500
Distância percorrida total	-	km / ano	498.820
Consumo de óleo diesel - caminhão	-	l / ano.	443.396
Preço médio dos caminhões	-	R\$ / Unid.	400.000
Preço médio das pás carregadeiras	-	R\$ / Unid.	550.000
Preço do óleo diesel	-	R\$ / l	1,60
Manutenção caminhão (% do preço)	-	% / ano	15%
Manut. pás carregadeiras (% preço)	-	% / ano	15%
Salário nominal condutor / operador	-	R\$ / mês	2.500
Fator de custo anual – condutores	-	mês / ano	2,5x13,3=33,25
Número de condutores de caminhão	-	-	3 x 5 = 15
Nº de operadores-pás carregadeiras	-	-	1 x 5 =5
Custo Operação do Caminhão	-	R\$ / km	6,64
Combustível	-	R\$ / km	1,42 (22%)
Capital (15% a.a e 3 anos)	-	R\$ / km	1,40 (21%)
Manutenção	-	R\$ / km	0,48 (7%)
Condutores	-	R\$ / km	3,33 (50%)
Custo Operação-Pá Carregadeira	-	R\$ / km	1,74
Combustível	-	kR\$ / ano	123 (14%)
Capital (15% aa e 5 anos)	-	kR\$ / ano	246 (28%)
Manutenção	-	kR\$ / ano	83 (10%)
Operadores	-	kR\$ / ano	416 (48%)
Custo total do Frete	40 t	R\$ / km	8,38
	Conv.	R\$ / t BS	4,29

Além dos custos operacionais do transporte de concentrado convencional via caminhões fora de estrada, na análise das alternativas, foi considerado o transporte de concentrado ultrafino via caminhão rodoviário para um percurso de 9 km. Dessa forma, o custo total de transporte via caminhões fora de estrada atinge o valor de **R\$ 4,88 por tonelada de concentrado seco**, considerando ainda os custos de manutenção da via de acesso e o consumo de energia elétrica.

4.2.5 Custos totais de transporte por Caminhões

Os custos totais de transporte de concentrado através de caminhão fora de estrada estão apresentados na tabela 20.

Tabela 20–Custos totais de transporte por caminhão

CUSTOS DOS CAMINHÕES	UNIDADES	DADOS
Custo de Capital	R\$ / t BS	12,29 (72%)
Custo Operacional	R\$ / t BS	4,88 (28%)
Custo Total	R\$ / t BS	17,17 (100%)

4.3 ALTERNATIVA C – TRANSPORTADORES DE CORREIA DE LONGA DISTÂNCIA (TCLD)

4.3.1 Descrição geral do TCLD

O fluxograma esquemático da alternativa do transporte através de TCLD encontra-se no Anexo E onde estão identificados os principais equipamentos e sistemas. O Anexo F apresenta o plano diretor do Terminal de Rocha e a chegada do TCLD.

A implantação de transporte através de TCLD requer que o sistema de filtração (esteira e tambor) seja instalado na Usina de Concentração incluindo os sistemas auxiliares.

Ressalta-se que não haverá necessidade de instalar o espessador e bacia de emergência, pois a Usina é provida de instalações que podem comportar as drenagens do sistema de filtração.

O Terminal de Rocha irá então contar somente com as instalações e equipamentos que envolvem o manuseio de concentrado filtrado, ou seja, a partir dos transportadores de correia 1743-TC-001 para o ultrafino e 1743-TC-003 para o convencional.

O projeto contará com um TCLD em **quatro trechos** que acompanha o trajeto do mineroduto definido no Projeto Básico, sendo que a cota de partida é de 1.070 m e de chegada 965 m (aprox. 20 m acima da cota normal do solo), perfazendo um declive total de 105 m.

O posicionamento aproximado dos transportadores de correia está apresentado no desenho 13-214-27-DE-M-01 (vide Anexo J) e o perfil do TCLD no desenho 13-214-27-DE-M-02 (vide Anexo K).

Nessa alternativa, foi considerada a hipótese de se realizar o transporte final de concentrado ultrafino através de caminhões rodoviário a partir do Terminal de Rocha, da mesma forma que na opção de mineroduto.

Com base nas considerações acima, o transporte de concentrado via TCLD deverá contar com a construção ou instalação dos seguintes itens:

Item a) Instalação de recebimento e armazenamento de concentrado proveniente da filtração incluindo alimentação do sistema de TCLD, similar à do Terminal de Rocha.

TC-01/02 (similares a 1743-TC-001/002) entre a filtração de concentrado ultrafino e o galpão de armazenamento de produto, com largura de 400 mm (plana), comprimento de 105 m / 22 m e capacidade aproximada de 20 t/h.

TC-03/04/05 (similares a 1743-TC-003/004/005) entre a filtração de concentrado convencional e o galpão de armazenamento de produto, com largura de 600 mm, comprimento de 90 m / 90 m / 22 m e capacidade aproximada de 165 t/h.

TC-07A/B (similares a 1743-AC-001/002) com controle de velocidade via inversor de frequência e providos de moegas de descarregamento.

TC-06 (similar a 1743-TC-006) para TCLD-01 com 250 m de extensão.

Galpão de armazenamento de 30 m x 70 m para formação de pilha de convencional de 3.500 t e de ultrafino de 400 t, ambas para 24 h de produção.

Interligação das drenagens do sistema de filtração com o existente na Usina.

Item b) Transportadores de Correia de Longa Distância

Área para formação de uma pilha de emergência não coberta com capacidade de armazenamento de 1.100 t de concentrado convencional, equivalente a 8 horas de produção.

TCLD-01: 750 mm x 2.210 m, em declive com variação de elevação de -15 m.

TCLD-02: 600 mm x 1.460 m, em aclave com variação de elevação de -30 m.

TCLD-03: 600 mm x 1.810 m, em declive com variação de elevação de -85 m.

TCLD-04: 750 mm x 1.520 m, em declive com variação de elevação de 20 m.

Item c) Terminal de Rocha

TC-10 provido de desviador de fluxo e com a função de alimentar os transportadores de correia 1743-TC-001 e 1743-TC-003. O TC-10 recebe produto do TCLD-04.

4.3.2 Dados de operação do TCLD

Os dados de operação calculados com base no balanço de concentrado seco apresentado no capítulo 3 encontram-se relacionados na tabela 21, a seguir:

Tabela 21–Dados de operação do TCLD

ITENS PARA ESTUDO – TCLD	PRODUTOS	UNIDADES	DADOS
Produção Total de Concentrado	Conv.	t BS/ano	~975.500
	UF	t BS/ano	~114.500
Regime de Operação	-	h / ano	8.059
Densidade aparente do Concentrado	-	kg / m ³	1.900
Produção de Concentrado Convencional	Conv.	t / h – m ³ /h	137,6 – 72,4
	Conv.	t / dia	3.302,0
	Conv.	t / ano	1.108.483
Produção de Concentrado Ultrafino	UF	t / h – m ³ /h	16,7 – 8,8
	UF	t / dia	401,3
	UF	t / ano	134.635
Tempo de Operação	Conv.	h/dia	12,9
Tempo de Operação	UF	h/dia	1,6
Tempo de Operação	Total	h/dia	14,5
Pilha pulmão (autonomia 24 h)	Conv.	t	3.500
	UF	t	500
Potência consumida por TCLD-01	-	kW	123

Continua

Tabela 21 – Dados de operação do TCLD (continuação)

ITENS PARA ESTUDO – TCLD	PRODUTOS	UNIDADES	DADOS
Potência consumida por TCLD-02	-	kW	74
Potência consumida por TCLD-03	-	kW	69
Potência consumida por TCLD-04	-	kW	120
Potência total considerada	-	kW	386

4.3.3 Estimativa de investimento – TCLD

A estimativa de investimento para essa alternativa considera que o sistema de filtração e boa parte do Terminal de Rocha permanecerão sem alterações, sendo que filtração estará instalada na usina de concentração.

Os principais itens encontram relacionados na ferramenta de simulação 13-214-27-MC-P-02.

A tabela 22 apresenta um resumo do investimento estimado.

Tabela 22–Resumo do investimento estimado para o TCLD

INVESTIMENTOS – TRANSPORTE TCLD	VALORES [kR\$]	%
Projeto e Gerenciamento	12.500	11,0%
Equipamentos Mecânicos e Tanques (caldeiraria)	52.300	46,0%
Equipamentos Elétricos	2.000	2,0%
Equipamentos de I&C de campo e automação	1.300	1,0%
Material de Instalação Mecânica	2.100	2,0%
Material de Instalação Elétrica e I&C	1.000	1,0%
Montagem eletromecânica	17.000	15,0%
Obras Civas (Materiais e mão de obra)	7.900	7,0%
Diversos e Contingência	16.700	15,0%
Total	112.800	100%

4.3.4 Estimativa de custo de operação e manutenção – TCLD

O insumo principal a ser considerado é a energia elétrica relacionada ao acionamento de:

Novo conjunto de transportadores de correia na Usina (156 kW x 0,6):

~ 100 kW;

Transportadores de Correia de Longa Distância - TCLD:

~ 260 kW;

Potência total consumida:

~ 360 kW.

A tabela 23 apresenta o consumo energético estimado do TCLD.

Tabela 23–Consumo energético do TCLD

CONSUMO ENERGÉTICO	UNIDADES	DADOS
Energia Elétrica	MWh/ano	2.901
Energia - total	Gcal/ano	2.495

Considerando o regime de operação anual de 8.059 horas, as produções de concentrado e os custos de energia elétrica, tem-se um custo de R\$ 0,45 / t BS. Incorporando os custos de manutenção do sistema de TCLD (5% por ano do valor de TCLD), o custo operacional final atinge valor de **R\$ 1,36 por tonelada de concentrado seco.**

4.3.5 Custos totais de transporte via TCLD

Os custos totais de transporte de concentrado através de TCLD estão dispostos na tabela 24.

Tabela 24–Custos totais de transporte via TCLD

CUSTOS DOS TCLD	UNIDADES	DADOS
Custo de Capital	R\$ / t BS	20,61 (94%)
Custo Operacional	R\$ / t BS	1,36 (6%)
Custo Total	R\$ / t BS	21,97 (100%)

4.4 ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA

4.4.1 Avaliação econômica

4.4.1.1 Investimentos

Os investimentos foram calculados com base no banco de dados da empresa de mineração situada entre os estados de Minas Gerais e Goiás, assim como a partir de uma especificação e lista preliminar dos principais equipamentos elaborados pela empresa de prestação de serviços em engenharia FIGENER.

A tabela 25 apresenta os valores de investimento requerido para cada opção de transporte:

Tabela 25–Valores de investimentos para cada sistema de transporte

CAPEX	UNIDADES	VALORES
Transporte Hidráulico	Milhões de R\$	75,6
Transporte via Caminhão	Milhões de R\$	60,2 (*)
Transporte via TCLD	Milhões de R\$	112,8

(*) Não está considerado o investimento com caminhões, sendo que o mesmo está contemplado no custo operacional (frete).

A alternativa de menor investimento é a de transporte por caminhão fora de estrada, sendo que 25% do investimento são referentes aos transportadores de correias necessários na Usina e no terminal de descarregamento. Os custos de obras civis envolvendo a construção da estrada de acesso e uma ponte para carga pesada, além de galpões de armazenamento de concentrado somam outros 25% do investimento.

Ressalta-se que o investimento da opção de transporte por mineroduto apresenta uma precisão satisfatória, uma vez que se baseia em um projeto básico.

Nota-se que cerca de 40% do investimento é relativo a equipamentos mecânicos (bombas e transportadores de correias) e tanques de armazenamento de polpa.

A opção de transporte via TCLD apresenta o maior valor de investimento requerido, sendo que 45% são referentes aos transportadores de correia (em torno de R\$ 45 milhões).

Considerando a amortização do investimento em 10 anos, com juros de 15% ao ano e a produção de concentrado a ser transportada, a tabela 26 apresenta os seguintes custos por concentrado transportado baseado no CAPEX previamente levantado:

Tabela 26–Custos por concentrado transportado baseado no CAPEX

CUSTOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE – CAPEX	UNIDADES	DADOS
Transporte Hidráulico	R\$ / t BS	13,80
Transporte via Caminhão	R\$ / t BS	12,29
Transporte via TCLD	R\$ / t BS	20,61

Com os valores da tabela 26 é possível verificar o impacto do custo do capital das opções de transporte no valor final do concentrado.

4.4.1.2 Custos de operação e manutenção

Os custos operacionais contemplam basicamente a energia elétrica, água e óleo diesel consumidos nas alternativas de transporte. Eventual diferença de custos com mão de obra entre as alternativas não foi considerada, tendo em vista que a operação entre as opções analisadas não deve variar sensivelmente em termos de quantidade total de pessoal destinada à Usina e ao Terminal de Rocha.

Somente para o cálculo do frete é que foram considerados os custos com motoristas de caminhão e operadores de pás carregadeiras. A tabela 27 apresenta os custos operacionais por concentrado transportado.

Tabela 27–Custos por concentrado transportado baseado no OPEX

CUSTOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE – OPEX	UNIDADES	DADOS
Transporte Hidráulico	R\$ / t BS	1,54
Transporte via Caminhão	R\$ / t BS	4,88
Transporte via TCLD	R\$ / t BS	1,36

A alternativa de menor custo operacional é a de transporte hidráulico (mineroduto), envolvendo basicamente o consumo de energia e uma pequena quantidade de água de reposição do sistema. A opção de transporte através de TCLD tem um consumo elétrico menor, porém o valor adotado para a sua manutenção acaba por elevar o seu custo operacional (gastos anuais de 5% do valor dos transportadores de correia).

Os custos de operação da alternativa de transporte via caminhão são os mais altos comparados às outras opções, sendo que o frete calculado representa em torno de 90%. Ressalta-se que os custos de capital, combustível e mão de obra representam respectivamente 21%, 22% e 50% do valor total do frete.

4.4.1.3 Custos totais e Valor Presente Líquido

A partir dos dados das tabelas 26 e 27 apresentadas anteriormente são obtidos os custos totais de transporte, conforme a tabela 28.

Tabela 28–Custos totais de transporte

CUSTOS TOTAIS DE TRANSPORTE	UNIDADES	DADOS
Transporte Hidráulico	R\$ / t BS	15,34
Transporte via Caminhão	R\$ / t BS	17,17
Transporte via TCLD	R\$ / t BS	21,97

Nota-se que para as alternativas de transporte por mineroduto e TLCD, os custos de capital são os mais importantes e representam em torno de 90% do total. No caso do transporte por meio de caminhões o custo de capital representa 70% do total.

A partir dos custos de capital e dos custos de operação e manutenção calculou-se o Valor Presente Líquido (VPL) das alternativas analisadas para um período de 10 anos (período de amortização do investimento) e para 35 anos (vida útil estimada da mina). Os resultados do cálculo de Valor Presente Líquido encontram-se relacionados na tabela 29.

Tabela 29–Valor Presente Líquido dos sistemas de transporte

VPL DAS ALTERNATIVAS	UNIDADES	10 anos	35 anos
A. Transporte hidráulico (mineroduto)	kR\$	84.880	87.557
B. Transporte via Caminhão	kR\$	87.365	94.976
C. Transporte via TCLD	kR\$	125.168	127.542
Δ (Caminhão – mineroduto)	kR\$	2.485	7.419
Δ (TCLD – mineroduto)	kR\$	40.288	39.985

Nota-se que as alternativas de transporte hidráulico (mineroduto) e via caminhão são similares para o período de amortização de 10 anos, sendo que a diferença aumenta de forma considerável para um período de 35 anos, em função dos custos operacionais com óleo diesel.

A alternativa com TCLD é a pior opção de transporte, devido ao alto custo de implantação. Mesmo apresentando um baixo custo operacional com energia elétrica, os custos envolvendo a sua manutenção acaba tornando-a pouco competitiva quando comparada ao transporte hidráulico (mineroduto).

4.4.2 Avaliação técnica e outros aspectos

4.4.2.1 Implantação

Todas as alternativas apresentam um volume considerável de obras a serem executadas, sendo que nenhuma apresenta uma grande vantagem em relação à outra.

No caso das alternativas de transporte via caminhões e TCLD, a parte úmida do processo encontra-se na Usina, evitando assim grandes obras com bacia de emergência e sistemas de drenagem no Terminal de Rocha.

No caso do transporte via caminhões, considerando-se a premissa de que os caminhões não deverão cruzar a linha férrea, existe a necessidade de implantar uma área de descarregamento de caminhões e transporte de concentrado via transportador de correia até o Terminal de Rocha. Além disso, é necessário que a Usina possua uma infraestrutura física e operacional para saída de concentrado ultrafino, uma vez que o mesmo não será transportado para o Terminal de Rocha.

4.4.2.2 Aspectos operacionais

O mineroduto deve operar em média 60%, dessa forma uma quantidade não desprezível de intervenção deve ser executada para a parada e partida, assim como para a troca de produto convencional e ultrafino.

No caso de transporte via TCLD essas intervenções serão mais simples.

A alternativa de transporte por caminhão é a que apresenta maior intervenção, por ser inteiramente dependente de operador (ou motorista), seja na Usina, na área de descarregamento de caminhões e no Terminal de Rocha. Ressalta-se que parte do trajeto dos caminhões fora de estrada será compartilhada com uma via de acesso normalmente utilizada para a Usina.

4.4.2.3 Aspectos energéticos

A tabela 30 apresenta um resumo dos consumos energéticos absolutos totais de cada alternativa de transporte em uma base anual.

Tabela 30–Consumo energético absoluto das alternativas de transporte

CONSUMO ENERGÉTICO ABSOLUTO	UNIDADES	DADOS
Transporte hidráulico (mineroduto)	Gcal/ano	8.316
Transporte via Caminhão	Gcal/ano	5.578
Transporte via TCLD	Gcal/ano	2.495

Ao se analisar o consumo específico de energia, a tabela 31 apresenta os seguintes índices:

Tabela 31–Consumo específico de energia das alternativas de transporte

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA	UNIDADES	DADOS
Transporte hidráulico (mineroduto)	Gcal/t	0,00763
Transporte via Caminhão	Gcal/t	0,00512
Transporte via TCLD	Gcal/t	0,00229

Nota-se que a alternativa de transporte via TCLD é a que apresenta menor consumo energético, seguido do transporte via caminhão fora de estrada.

4.4.2.4 Aspectos de emissões de gases de efeito estufa

Para cada alternativa de transporte foi calculado a emissão de CO₂ com base nos seguintes índices:

Energia Elétrica: 0,06858 t CO₂ / MWh

Óleo Diesel: 0,00255 t CO₂/ l

O índice de emissão de gás carbônico a partir da queima de óleo diesel foi calculado com base nos seguintes dados:

Composição do óleo diesel com 86% em massa de carbono (3,15 kg CO₂/ kg de óleo diesel)

Massa específica de óleo diesel de 0,85

Mistura de 5% em massa de biodiesel

A tabela 32 apresenta um resumo dos insumos e emissões correspondentes de CO₂.

Tabela 32– Resumo dos insumos e emissões de t CO₂/ano dos sistemas de transporte

ALTERNATIVAS	DADOS	
	INSUMOS	t CO ₂ / ano
Transporte hidráulico (mineroduto)	9.671 MWh	663
Transporte via caminhões	806 MWh	55
	567.000 l OD	1.501
Transporte via TCLD	2.901 MWh	199

A partir da tabela 32 foi avaliada a taxa de emissão de gases de efeito estufa ao fim da vida útil do empreendimento (35 anos), cujos resultados estão compreendidos na tabela 33.

Tabela 33– Emissões de t CO₂ dos sistemas de transporte ao fim da vida útil do empreendimento

ALTERNATIVAS	t CO ₂	
	1 ANO	35 ANOS
Transporte hidráulico (mineroduto)	663	23.205
Transporte via caminhões	1.556	54.460
Transporte via TCLD	199	6.965

Nota-se que a alternativa de transporte via TCLD é a de menor emissão de gás de efeito estufa, seguido da opção do mineroduto.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O critério quantitativo da escolha da melhor alternativa de transporte foi o de menor valor dos custos totais, levando-se em consideração o nível de produção. O indicador econômico que corroborou a coerência do critério quantitativo supracitado foi o menor Valor Presente Líquido (VPL), pois o mesmo demonstrou o impacto atual, bem como após a vida útil do projeto dos sistemas de transportes industriais estudados. Caso houvesse uma equivalência na avaliação econômica supramencionada, o menor valor do consumo específico de energia seria considerado o indicador secundário do processo decisório.

Diante do exposto, o trabalho permitiu relatar as seguintes conclusões:

a) Os resultados apresentados no capítulo 4 mostram uma ligeira vantagem do transporte de concentrado por meio do mineroduto em relação ao transporte via caminhão, sendo que essa vantagem torna-se maior à medida que o prazo considerado aumenta.

b) O investimento inicial maior do mineroduto (10 R\$ / t BS no mineroduto contra 8,91 R\$ / t BS no rodoviário) é rapidamente compensado pelo custo operacional menor (cerca de 30% do valor encontrado para o transporte via caminhão).

c) Com relação à opção de transporte via TCLD, a vantagem da alternativa do mineroduto é bastante clara. Porém, deve ser ressaltado que existem aspectos que merecem uma análise mais detalhada, tais como:

i. A diferença de CAPEX entre as alternativas é de R\$ 37 milhões, sendo que o custo estimado de implantação dos quatro conjuntos de TCLD é de R\$ 60 milhões (R\$ 45 milhões de equipamentos e R\$ 15 milhões de montagem mecânica);

ii. Como o levantamento de custo foi realizado com base em transportadores de menor comprimento, é recomendável uma consulta aos fabricantes para reduzir a incerteza desse custo;

iii. Além disso, um dos fatores que levaram ao alto investimento foi a incompatibilidade do fluxo relativamente baixo de produto com a longa distância percorrida. O baixo fluxo implica em uma correia estreita, entretanto as longas distâncias resultam em altas tensões que requerem correias mais largas. A solução adotada no estudo foi a de correias mais largas. Dessa forma, recomenda-se que seja feita uma consulta ao fabricante ou um *benchmarking* em minerações de fosfato, que eventualmente esteja operando com transportador de correia similar ao do presente estudo;

iv. O custo anual de manutenção considerada para o TCLD foi de 5% do valor de investimento. Caso esse valor seja reduzido para 3%, os custos operacionais do TCLD tornar-se-ão menores que os do mineroduto;

v. Eventuais reduções do CAPEX e OPEX da alternativa de transporte com TCLD melhoram a sua atratividade econômica, mas é pouco provável que a torne uma opção melhor que a do mineroduto.

d) Por se tratar de um projeto e não de uma operação existente, ou seja, onde o principal *driver* é a avaliação econômica, entendeu-se que o mineroduto, apesar de ser menos eficiente energeticamente, demonstrou ser o sistema com a melhor relação custo benefício, assim como de baixo impacto em emissões gasosas;

e) O mineroduto apresentou-se como sendo o sistema de transporte industrial mais adequado em uma mineração de superfície de concentrado fosfático para distâncias entre 8 e 9 km.

Desta maneira, entende-se ser oportuno destacar os seguintes aspectos relevantes do estudo:

- a. A efetiva base de dados;
- b. A comparação técnica e econômica de três sistemas de transportes industriais;
- c. O desenvolvimento de um método e uma ferramenta de simulação para selecionar o melhor sistema de transporte industrial dentre os estudados;
- d. A replicabilidade do estudo para minerações de outras naturezas;
- e. A identificação dos impactos energéticos e de emissões de gases de efeito estufa nos sistemas de transportes industriais analisados.

Futuramente seria oportuno complementar esta pesquisa com as seguintes iniciativas:

- a. Realizar tal método para distâncias médias de transporte superiores às estudadas;
- b. Conduzir o mesmo estudo, entretanto com minérios de outras naturezas;
- c. Completar o estudo atual com um refinamento do custo operacional do TCLD, em face da incompatibilidade entre o baixo fluxo de produto e a longa distância percorrida;
- d. Proceder ao mesmo estudo, entretanto considerando os novos preços de energia elétrica, para reavaliar os impactos no custo operacional dos sistemas de transportes estudados;
- e. Exaurir a análise ambiental, considerando os impactos no solo e na água dos sistemas de transportes industriais avaliados;
- f. Complementar a análise técnica, avaliando as perdas produtivas nos sistemas de transportes industriais estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 50001, A. B. (2011). **NBR ISO 50001 - Sistema de Gestão de Energia. Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro.

BASTOS JÚNIOR, G. M. (2010a). **Processos minerais - operações auxiliares**. Treinamento - Chemtech.

BASTOS JÚNIOR, G. M. (2010b). **Uso de analisadores químicos on line na concentração de minérios de ferro**. Departamento de Minas - UFOP. Ouro Preto.

BERTÓ, D., & BEULKE, R. (2006). **Gestão de Custos**. São Paulo: Saraiva.

BIAZOTO, L. (2012). **Avaliação dos balanços energéticos das operações minerais**. Apresentação Interna - Empresa PowerSystems. Uberaba, Minas Gerais.

BOGGISS, G. J. (2003). **Análise de Investimentos**. FGV Management - Curso de educação continuada - 1º edição - MBA em Gestão Empresarial. Rio de Janeiro.

BRANDT, W. (2010). **Mineroduto Ferrous Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo - Meio Ambiente - Estudo de Impactos Ambientais (EIA) - Ferrous Resources do Brasil S.A.** Nova Lima.

BROWN, N., & HEYWOOD, N. (1991). **Slurry Handling: Design of solid-liquid systems**. New York: Elsevier Handling and Processing of Solid Series, Elsevier Science Publishers.

BURT, C., & CACCETTA, L. (2013). **Equipment selection for surface mining: A review.**, p. 33.

CARVALHO, F. B. (2010). **Estimação de Ganhos Financeiros em Projetos de Automação e Controle - Uma Proposta Metodológica e Estudos de Caso**. PPGEE - Dissertação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

CEMA. (1997). **Belt Conveyors for Bulk Materials**, fifth edition. USA: CEMA - Conveyor Equipment Manufacturer Association.

CHAVES, A. P. (2002). **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. São Paulo: Signus.

CHAVES, A. P. (2004). **Teoria e prática do tratamento de minérios, volume 2**, 2ª edição. São Paulo: Signus.

CHAVES, A. P. (2006). **Flotação: o estado da arte no Brasil - coleção teoria e prática do tratamento de minérios**. São Paulo: Signus.

CHAVES, A. P., & PERES, A. E. (2003). **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. São Paulo: Signus.

CHING, H. Y. (2003). **Contabilidade e finanças para não especialistas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

CHOMA, A. A. (2010). **FEL e as Práticas de Gates para Projetos de Capital**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Special Day Mundo PM - Projetos de Infraestrutura e Construção: www.mundopm.com.br/eventos/infra/images/ppt/01a_AndreCgomaSpecialDay_impressao.pdf

CNI. (2010). **Eficiência Energética na Indústria: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Confederação Nacional da Indústria: www.cni.org.br

CNI. (2012). **Desenvolvimento conceitual de metodologia de medição e verificação de consumos de energéticos nas indústrias - 11-235-01-RE-P-04 revisão 2**. São Paulo: Confederação Nacional da Indústria.

CONNOLLY, E., & ORSMOND, D. (2011). **The mining industry: From bust to boom**, pp. 12-13.

CONSTRAN. (s.d.). **Linha do tempo**. Acesso em 24 de outubro de 2014, disponível em CONTRAN: <http://www.constran.com.br/linhadotempodetalhes.php?idlinhadotempo=207>

Economia, C. M. (s.d.). **Conceitos importantes: juros e fluxo de caixa**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Conceitos importantes: juros e fluxo de caixa: <http://economia.culturamix.com/medidas/conceitos-importantes-de-economia-juros-e-fluxo-de-caixa>

EPE, E. D. (2012). **Estudos de Demanda - Nota técnica DEA 16/12 - Avaliação da Eficiência Energética para os próximos 10 anos (2012 - 2021)**. Ministério de Minas e Energia.

FIGENER. (2012). **Desenvolvimento conceitual de metodologia de medição e verificação de consumos de energéticos na indústria**. Relatório de apresentação do conceito da metodologia 11-235-01-RE-P-04 - revisão 2. São Paulo.

FIGUEIRA, H. V. (2004). **Cominuição** - Tratamento de Minérios.

IBRAM, I. B. (2015). **Água e Mineração: fatos e Verdades**. *1º Caderno*, 8-9.

IPA. (2011). **INDEPENDENT PROJECT ANALYSIS**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Individual Capital Project Services: www.ipaglobal.com/Services/Individual-Capital-ProjectServices

LAMACIÉ, G. M. (2009). **Análise de projetos de investimentos**. FGV Management - Curso de educação continuada - MBA em Finanças e Controladoria. Rio de Janeiro.

LEE, H. J. (2013). **Workshop - Estudo de Oportunidades de Aumento de Eficiência Energética em Complexo Mineral de Concentrado Fosfático**. Treinamento Interno - Empresa FIGENER S.A. Minas Gerais.

LIMA, G. P. (2008). **Requisitos para Definição de Projetos**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Quarta PMI: www.slideshare.net/gplima/palestra-sobre-fel-front-end-loading

LOBÃO, E. (17 de 03 de 2010). **Proposta de Novo Marco Regulatório da Mineração - Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Ministério de Minas e Energia: www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/noticias/Apresentaxo_Ministro_1903.pfd

MARTINS, E. (2003). **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas.

MARTINS, J. (2008). **Curso de Introdução ao Beneficiamento de Minérios**. Treinamento Interno. Chemtech.

MCTI. (s.d.). **Ministério de Ciências e Tecnologia e Inovação**. Acesso em 12 de dezembro de 2014, disponível em Ministério de Ciências e Tecnologia e Inovação: <http://www.mcti.gov.br/>

MORAES JR., D., SILVA, E., & MORAES, M. (2011). **Aplicações industriais de estática e dinâmica dos fluidos I**. Edição do autor.

MORAES, F. R. (2010). **Contribuição ao estudo da concepção de projetos de capital em mega empreendimentos**. Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Departamento de Engenharia de Materiais e Construção.

MTE, M. d. (2014). **Manuais de Legislação Atlas - Segurança e Medicina do Trabalho - NR - 1 a NR - 36**. Atlas.

PMI. (2008). **PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. Pennsylvania: 4^o Edição.

QUEVEDO, J. M., DIALLO, M., & LUSTOSA, L. J. (2009). **Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto**, p. 133.

SESASC. (s.d.). **Secretaria de Estado de Saúde de Santa Catarina**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Saúde e Cidadania - Gestão de Recursos Financeiros: http://portalses.saude.sc.gov.br/arquivos/sala_de_leitura/saude_e_cidadania/ed_10/06_01_03.html

SILVA SÁ, C. A. (2009). **Orçamento empresarial e fluxo de caixa**. FGV Management - Educação Continuada - MBA em Finanças e Controladoria. Rio de Janeiro.

TAVARES, L. M. (2009). **Apostila Processamento de Recursos Minerais I**.

UNAMA. (s.d.). **Universidade da Amazônia**. Acesso em 07 de novembro de 2014, disponível em Matemática financeira e análise das demonstrações financeiras: <http://arquivos.unama.br/professores/iuvb/contabilidade/MF/aula08/verprint.htm>

COMPLEXO MINERAL SITUADO ENTRE MINAS GERAIS E GOIÁS. (2007). **Curso de Mineração. Módulo 4 - Documentação Interna**.

COMPLEXO MINERAL SITUADO ENTRE MINAS GERAIS E GOIÁS. (2012). **Sistema de Informação de Energia**. Treinamento Interno - Consultoria empresa PowerSystems. Araxá, Minas Gerais.

WILLS, B. A., & NAPIER-MUNN, T. (2006). **Mineral Processing Technology** -
7º Edição. Elsevier Science & Technology Books.

ANEXOS

ANEXO A – FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO - TRANSPORTE HIDRÁULICO (MINERODUTO)

Os equipamentos que fazem parte do projeto de transporte hidráulico estão inseridos nas áreas de cor amarela e consistem basicamente de:

Reservatórios 1420-TQ-022/023/024 e 1740-TQ-001/002/003;

Bombas 1420-BP-101/102/103/104 e as unidades reservas;

Espessador 1420-EP-001, bacia bipartida, clarificador e lagoa de água recuperada.

Os equipamentos que fazem parte do sistema de filtração estão na área de cor azul. Os equipamentos do sistema de carregamento do terminal consistem de diversos transportadores de correia e área para formação de pilhas de armazenamento de concentrado conforme figura 39.

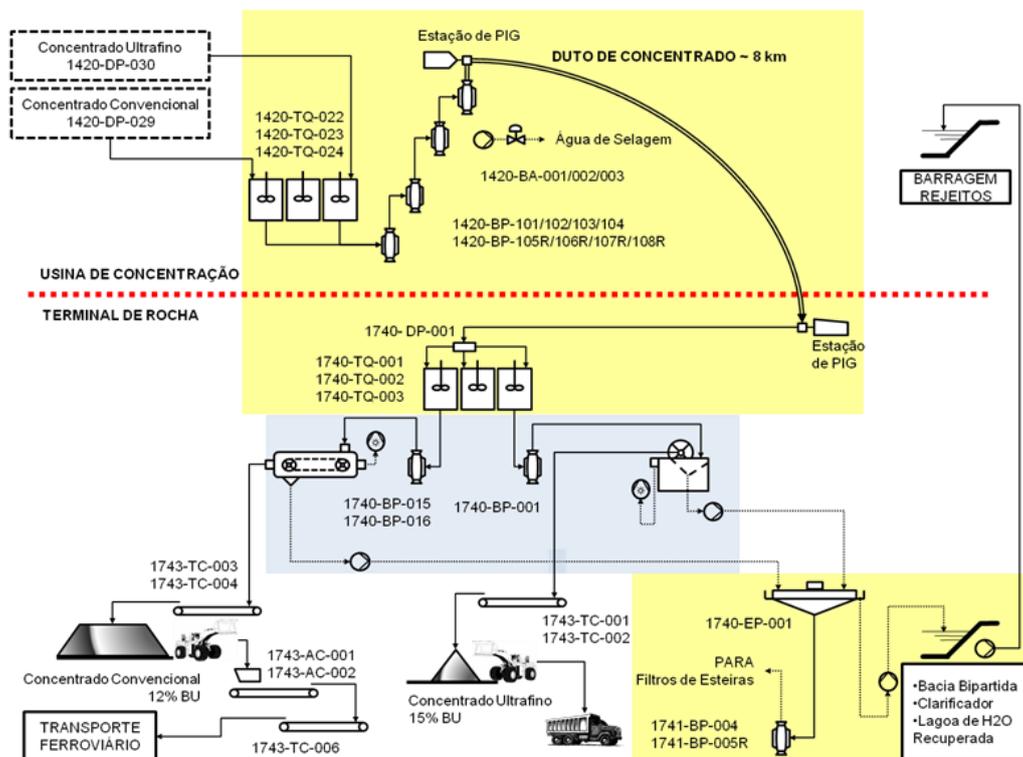


Figura 39–Fluxograma esquemático do mineroduto

Fonte: (LEE, 2013)

ANEXO B – ARRANJO FÍSICO DO TERMINAL DE ROCHA

O terminal conta com os seguintes sistemas principais:

- A. Mineroduto, recebimento de polpa com três reservatórios verticais de (3 x 1.700 m³), espessador de Ø35 m e sistema clarificação de água;
- B. Bacia de emergência e lagoa de água recuperada de 10.000 m³;
- C. Sistema de filtração a vácuo de polpa;
- D. Sistema de carregamento de concentrado com transportadores e alimentadores de correia, galpão de pilhas cobertas, silo de carregamento e área para formação de pilha pulmão.

Os sistemas do item A acima são destinados exclusivamente ao transporte hidráulico. Os sistemas dos itens B e D devem permanecer no Terminal de Rocha, porém os do item B com capacidade bem menor para atender, por exemplo, a drenagem pluvial. Os sistemas do item C deverão ser instalados na Usina (transporte por caminhão e TCLD) conforme ilustrado na figura 40.

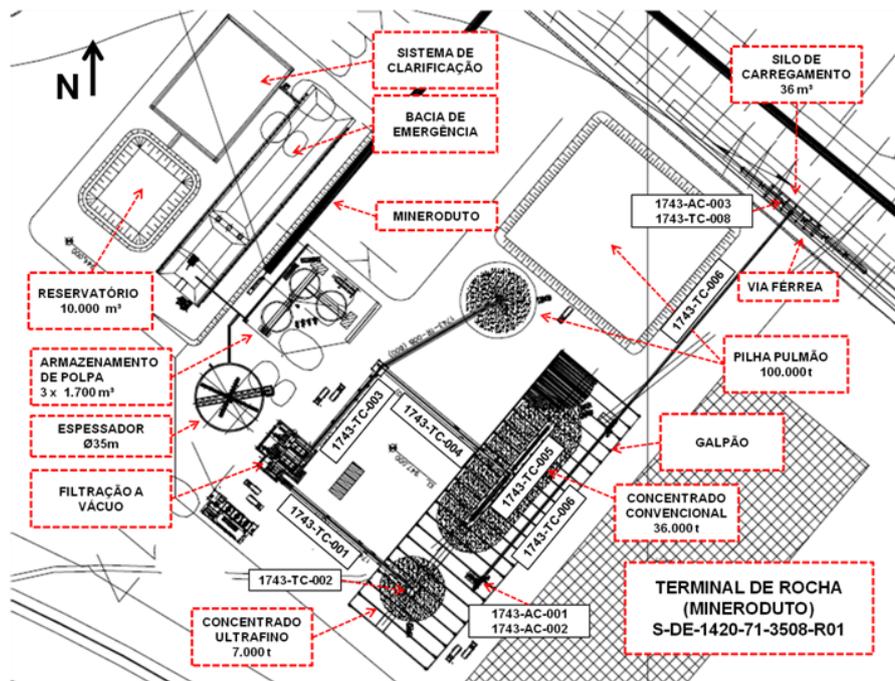


Figura 40–Arranjo físico do Terminal de Rocha

Fonte: (LEE, 2013)

ANEXO C – CONSUMO ELÉTRICO DO MINERODUTO

A tabela 34 apresenta a potência instalada dos principais equipamentos que fazem parte do sistema de transporte hidráulico conforme documento S-RL-1000-50-3501-02.

Na coluna A, estão indicados os tipos de carga para a opção de transporte hidráulico:

- S: cargas de operação contínua;
- R: cargas reservas;
- O: cargas eventuais.

Na coluna B, estão indicados os tipos de carga das opções de transporte por caminhão ou TCLD:

- S: cargas de operação contínua;
- 0,5: cargas cuja potência será menor que a da solução de transporte hidráulico;
- N: cargas que não fazem parte da solução;
- R: cargas reservas.
- O: cargas eventuais.

A diferença de potências entre as colunas A e B (itens marcadas por S e 0,5) é de 2,4 MW. A diferença da potência consumida é de 1,4 MW, considerando um fator de carga em torno de 0,6.

O cálculo desses valores foi realizado da seguinte forma:

Foram somadas inicialmente as potências elétricas instaladas dos equipamentos do projeto básico do mineroduto e do terminal, cujo resultado é 4,1 MW;

Outra somatória foi realizada, dessa feita da potência dos equipamentos que devem continuar a operar nas soluções de transporte por caminhão e TCLD, cujo resultado é 1,7 MW.

Vale lembrar que algumas cargas foram multiplicadas por 0,5, pois a capacidade do sistema / equipamento deverá ser menor;

À diferença de 2,4 MW da potência instalada foi aplicado um fator de carga de 0,6 obtendo-se assim o valor de 1,4 MW acima.

Tabela 34– Potência instalada dos principais equipamentos do sistema de transporte hidráulico

TAG EQUIP.	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA	TENSÃO	A	B
		[kW]	[V]	S/N/R/O	
1420-AG-022	Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-022	200,0	440	S	N
1420-AG-023	Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-023	200,0	440	S	N
1420-AG-024	Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-024	200,0	440	S	N
1420-BP-101	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	S	N
1420-BP-102	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	S	N
1420-BP-103	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	S	N
1420-BP-104	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	S	N
1420-BP-105R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	<u>R</u>	N
1420-BP-106R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	<u>R</u>	N
1420-BP-107R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	<u>R</u>	N
1420-BP-108R	Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	<u>R</u>	N
1420-BA-001	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	S	N
1420-BA-002	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	S	N
1420-BA-003R	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	<u>R</u>	N
1420-BA-005	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	S	N
1420-BA-007	Bomba centrífuga multiestágio	22,0	440	S	N
1420-BP-210	Bomba de Polpa (de poço- limpeza)	55,0	440	S	N
1420-UH-001	Unidade Hidráulica	8,0	440	0	N
1420-AM-027	Amostrador Secundário	1,5	440	S	N
1740-DP-001	Distribuidor de Polpa Giratório	7,5	440	S	N
1740-UH-001	Unidade Hidráulica das Válvulas	8,0	440	0	N
1740-AG-001	Agitador de polpa	200,0	440	S	N

Continua

Tabela 34 – Potência instalada dos principais equipamentos do sistema de transporte hidráulico (continuação)

TAG EQUIP.	DESCRIÇÃO DOS ESQUIPAMENTOS	POTÊNCIA	TENSÃO	A	B
		[kW]	[V]	S/N/R/O	
1740-AG-002	Agitador de polpa	200,0	440	S	N
1740-AG-003	Agitador de polpa	200,0	440	S	N
1740-AM-002	Amostrador Secundário Final Mineroduto	1,5	440	S	N
1740-TE-003	Talha Elétrica	10,0	440	0	N
1740-TE-004	Talha Elétrica	10,0	440	0	N
1740-BP-001	Bomba Alim. Filtração Concentrado Ultrafino	11,0	440	S	N
1740-BP-015	Bomba de Polpa Alim. Filtro Conc. Conv.	45,0	440	S	S
1740-BP-016	Bomba de Polpa Alim. Filtro Conc. Conv.	45,0	440	S	S
1742-FL-001	Filtro de Tambor p/ Conc. Ultrafino	7,5	440	S	S
1742-FL-002	Filtro de tambor - Agitação	4,5	440	S	S
1742-FL-003	Filtro de Esteira p/ Conc. Convencional	18,5	440	S	S
1742-FL-004	Filtro de Esteira p/ Conc. Convencional	18,5	440	S	S
1742-BV-001	Bomba de vácuo para filtro tambor	110	440	S	S
1742-BV-003	Bomba de vácuo para filtro de esteira	300,0	4.160	S	S
1742-BV-004	Bomba de vácuo para filtro de esteira	300,0	4.160	S	S
1742-BP-223	Bomba de filtrado terminal - Todos os filtros	55,0	440	S	S
1742-BP-224R	Bomba de filtrado terminal - Todos os filtros	55,0	440	R	R
1743-BP-101	Bomba de Polpa de Drenagem	11,0	440	S	S
1742-TE-001	Talha Elétrica	8,0	440	S	S
1742-TE-002	Talha Elétrica	8,0	440	S	S
1520-BA-123	Bomba de Água de Selagem Bomba de Vácuo	15,0	440	S	S
1520-BA-125R	Bomba de Água de Selagem Bomba de Vácuo	15,0	440	R	R
1520-BA-127	Bomba Make-Up Torre de Resfriamento	5,5	440	S	S
1520-BA-129R	Bomba Make-Up Torre de Resfriamento	5,5	440	R	R
1520-BA-145	Bomba Alimentação da Torre de Resfriamento	9,2	440	S	S
1520-BA-147R	Bomba Alimentação da Torre de Resfriamento	9,2	440	R	R
1520-TO-001	Torre de resfriamento	10,0	440	S	S
1743-TC-001	Transportador de correia	7,5	440	S	S
1743-TC-002	Transportador de correia (reversível)	3,7	440	S	S
1743-TC-003	Transportador de correia	22,0	440	S	S
1743-TC-004	Transportador de correia	37,0	440	S	S
1743-TC-005	Transportador de correia (reversível)	15,0	440	S	S
1743-TC-007	Transportador de correia	30,0	440	S	S

Continua

Tabela 34 – Potência instalada dos principais equipamentos do sistema de transporte hidráulico (continuação)

TAG EQUIP.	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA	TENSÃO	A	B
		[kW]	[V]	S/N/R/O	
1743-TC-006	Transportador de correia	185,0	4.160	S	S
1743-AC-001	Alimentador de correia	30,0	440	S	S
1743-AC-002	Alimentador de correia	30,0	440	S	S
1760-AC-003	Alimentador de correia	22,0	440	S	S
1760-TC-008	Transportador de correia	22,0	440	S	S
1760-AM-001	Amostrador de Concentrado	3,7	440	S	S
1743-AM-003	Amostrador da Torta da Filtragem	3,7	440	S	S
1743-AM-004	Amostrador da Torta da Filtragem	3,7	440	S	S
1743-DM-001	Chute móvel	7,5	440	S	S
1741-EP-001	Espessador de Concentrado Convencional	11,0	440	S	N
1741-BP-004	Bomba de Polpa Transf. do Espessador Conv.	75,0	440	S	N
1741-BP-005R	Bomba de Polpa Transf. do Espessador Conv.	75,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1740-BP-008	Bomba Transf. de TQs para Espessador	75,0	440	S	0,5
1741-BP-100	Bomba de drenagem da bacia de decantação	30,0	440	S	0,5
1741-BP-021	Bomba Transf. Bacia p/ Espessador Ultrafino	30,0	440	S	N
1741-BP-102	Bomba do Sistema de Clarificação	11,0	440	S	N
1741-BP-103	Bomba de drenagem - Tancagem e Filtragem	2,2	440	S	0,5
1741-BP-104	Bomba de drenagem - Tancagem e Filtragem	2,2	440	S	0,5
1741-BD-005	Bomba de Sulfato de Alumínio	0,1	440	S	N
1741-BD-006R	Bomba de Sulfato de Alumínio	0,1	440	<u>R</u>	N
1741-ST-001	Sistema de Preparação e Dosagem	25,0	440	S	S
1741-TE-009	Talha elétrica	4,0	440	O	N
1741-TE-010	Talha elétrica	4,0	440	O	N
1741-TE-011	Talha elétrica	4,0	440	O	N
1440-BA-001	Bomba Emissário de Efluentes	45,0	440	S	0,5
1440-BA-003R	Bomba Emissário de Efluentes	45,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1440-BA-005	Bomba Emissário de Efluentes	45,0	440	S	0,5
1440-BA-007R	Bomba Emissário de Efluentes	45,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1510-BA-023	Bomba de poço tubular aprox. 100 m	7,5	440	S	0,5
1510-BA-025R	Bomba de poço tubular aprox. 100 m	7,5	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1520-BA-055	Bomba Captação Lagoa de Clarificação	15,0	440	S	N
1520-BA-057R	Bomba Captação Lagoa de Clarificação	15,0	440	<u>R</u>	N

Continua

Tabela 34 – Potência instalada dos principais equipamentos do sistema de transporte hidráulico (continuação)

TAG EQUIP.	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA	TENSÃO	A	B
		[kW]	[V]	S/N/R/O	
1520-BA-059	Bomba Selagem bombas de polpa	2,2	440	S	0,5
1520-BA-06SR	Bomba Selagem bombas de polpa	2,2	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1520-BA-063	Bomba Serviço	15,0	440	S	0,5
1520-BA-065R	Bomba Serviço	15,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1520-BA-067	Bomba Água Potável	1,5	440	S	S
1520-BA-069R	Bomba Água Potável	1,5	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1520-BA-111R	Bomba Alimentação ETA	3,0	440	S	0,5
1520-BA-113R	Bomba Alimentação ETA	3,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1530-BA-071	Bomba Água Combate a Incêndio	55,0	440	O	O
1530-BA-075	Bomba Centrífuga horizontal - Jockey	3,0	440	O	O
1590-CP-017	Compressor de Ar Serviço e Instrumentos	56,0	440	S	0,5
1590-CP-019R	Compressor de Ar Serviço e Instrumentos	56,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1590-CP-021	Compressor de Ar para Vaso hidropneumático	8,0	440	S	S
1590-CP-023R	Compressor de Ar para Vaso hidropneumático	8,0	440	<u>R</u>	<u>R</u>
1590-SC-003	Secador de Ar para Instrumentos	0,6	440	S	0,5
1540-ET-007	Estação de Tratamento de Água Compacta	8,0	440	S	0,5
1650-ET-007	Estação de Tratamento de Esgoto Compacta	8,0	440	S	S
1650-ET-013	Separador Água e Óleo	8,0	440	S	0,5
Diversos	Ar condicionado, iluminação etc.	200,0	440	S	0,5

ANEXO D – FLUXOGRAMAS ESQUEMÁTICOS DO TRANSPORTE POR CAMINHÕES

Os equipamentos que fazem parte do projeto de transporte por caminhão estão inseridos nas áreas de cor amarela e consistem basicamente de:

Transportadores de correia TC-01 / 02 / 03 / 04 / 05 na Usina;

Alimentadores de correia TC-08A/B e transportador de correia TC-09 no Terminal de Caminhões;

Transportador TC-10 para alimentação de 1743-TC-001 / 003 no Terminal de Rocha;

Área de armazenamento de concentrado na Usina e no Terminal de Caminhões;

Via de acesso de 9 km e ponte sobre o rio localizado na região (figura 41).

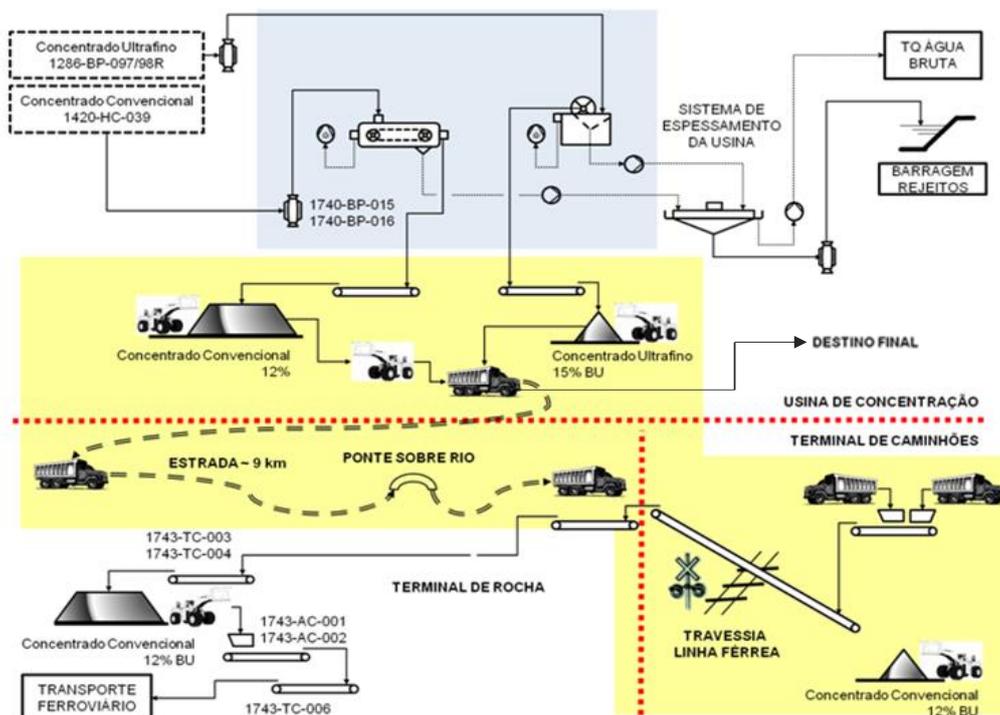


Figura 41–Fluxograma esquemático do transporte por caminhões

Fonte: (LEE, 2013)

Os equipamentos que fazem parte do sistema de filtração estão na área de cor azul. Os equipamentos do sistema de carregamento do terminal consistem de diversos transportadores de correia e área para formação de pilhas de armazenamento de concentrado.

A figura 42 apresenta o fluxograma com a disposição dos equipamentos mencionados na figura 41.

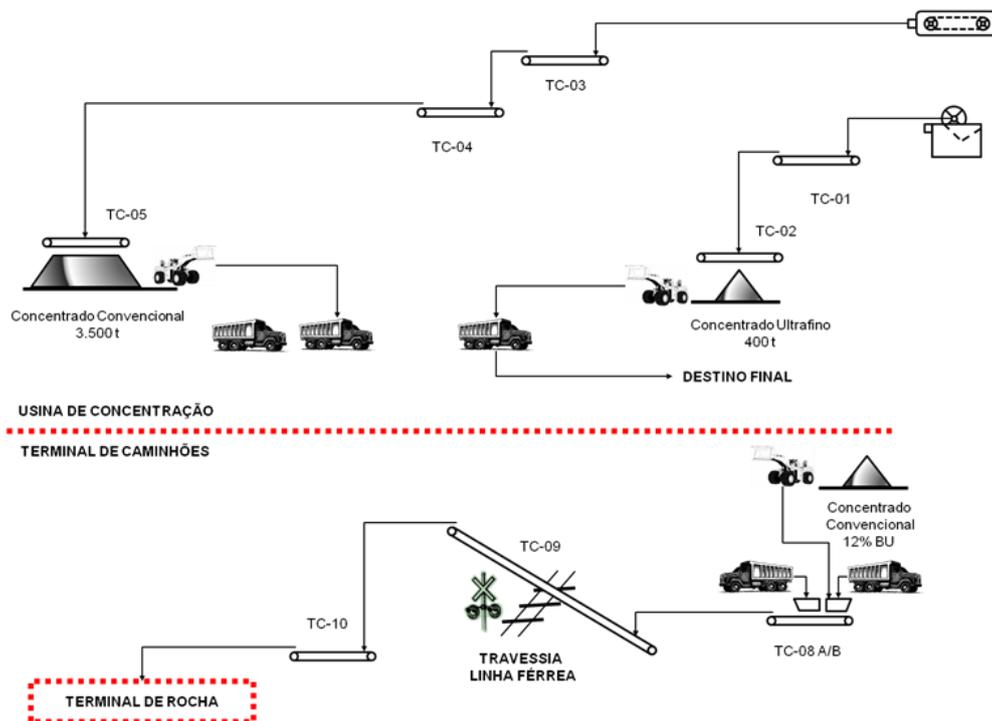


Figura 42–Disposição dos equipamentos do sistema de transporte por caminhões

Fonte: (LEE, 2013)

ANEXO E – FLUXOGRAMAS ESQUEMÁTICOS DO TRANSPORTE VIA TCLD

Os equipamentos que fazem parte do projeto de transporte através de TCLD estão inseridos nas áreas de cor amarela e consistem basicamente de:

Transportadores de correia TC-01 / 02 / 03 / 04 / 05 / 06 e alimentadores TC-07A/B na Usina;

Transportadores de Longa Distância TCLD-01 / 02 / 03 / 04;

Área de armazenamento de concentrado na Usina;

Transportador TC-10 para alimentação de 1743-TC-001 / 003 no Terminal de Rocha, conforme figura 43.

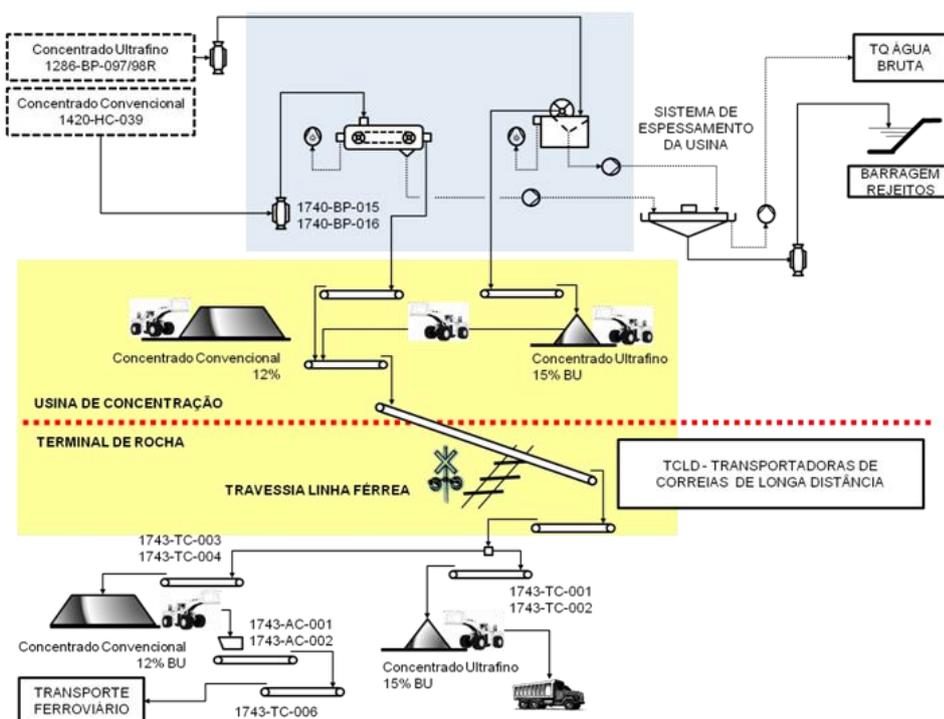


Figura 43–Fluxograma esquemático do transporte via TCLD

Fonte: (LEE, 2013)

ANEXO F – PLANO DIRETOR DO TERMINAL DE ROCHA E AS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE

A planta abaixo apresenta o posicionamento do duto de concentrado, via de acesso por caminhão e terminal de descarregamento e transportador de correia, próximos à região do Terminal de Rocha. Uma visão geral poderá ser obtida no desenho 13-214-27-DE-M-01.

A estrada de acesso foi traçada tomando-se como base no traçado da estrada de apoio para construção do mineroduto.

A área de descarregamento de caminhão poderá ser instalada antes de cruzar o rio localizado na região, reduzindo assim o custo com uma ponte para suportar carga pesada conforme figura 45.

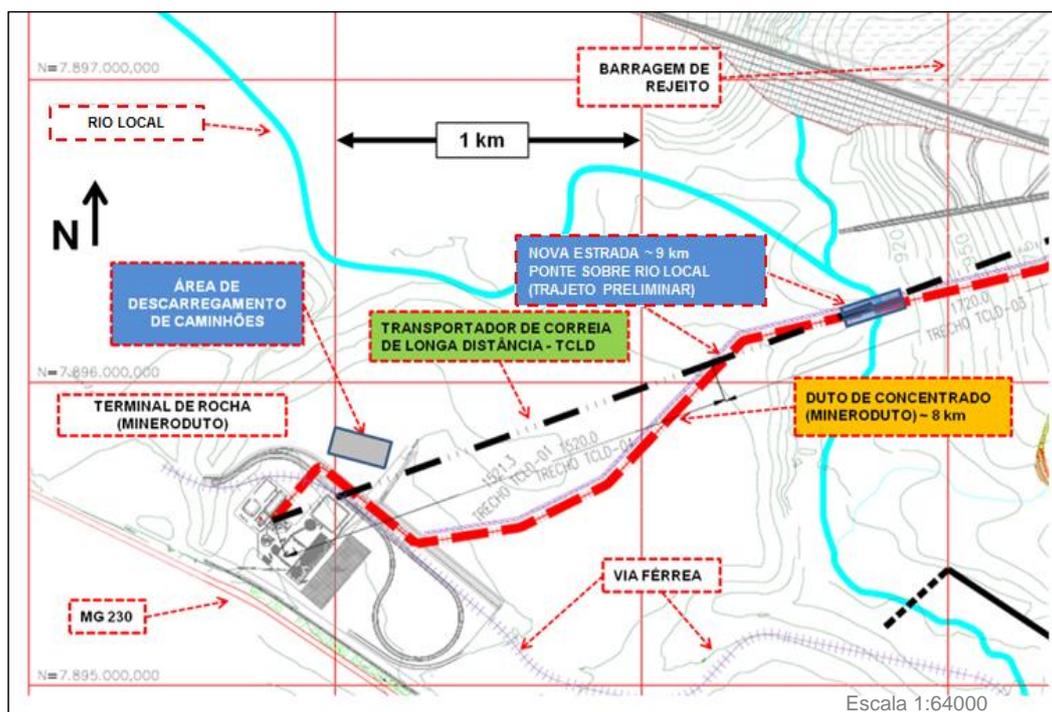


Figura 45–Plano diretor do Terminal de Rocha

Fonte: (LEE, 2013)

ANEXO G – RESUMO DO CÁLCULO DO MINERODUTO

As figuras 46 e 47 apresentam os resultados de perda de carga para o mineroduto quando operando com concentrado convencional e ultrafino obtidos pelo programa FNESS desenvolvido pela empresa de engenharia FIGENER para cálculo de sistemas termo-hidráulicos.

Concentrado Convencional

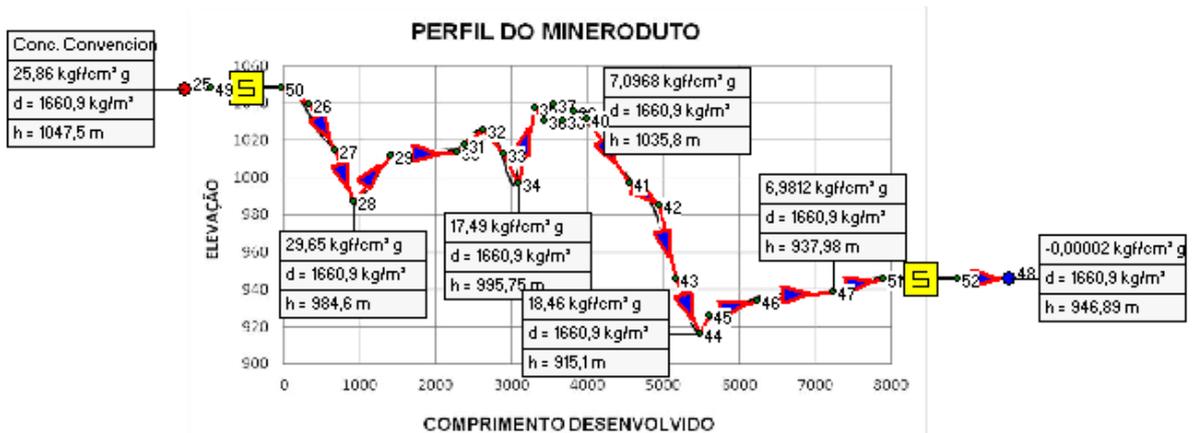


Figura 46–Perda de carga do mineroduto com concentrado convencional

Fonte: (LEE, 2013)

Concentrado Ultrafino

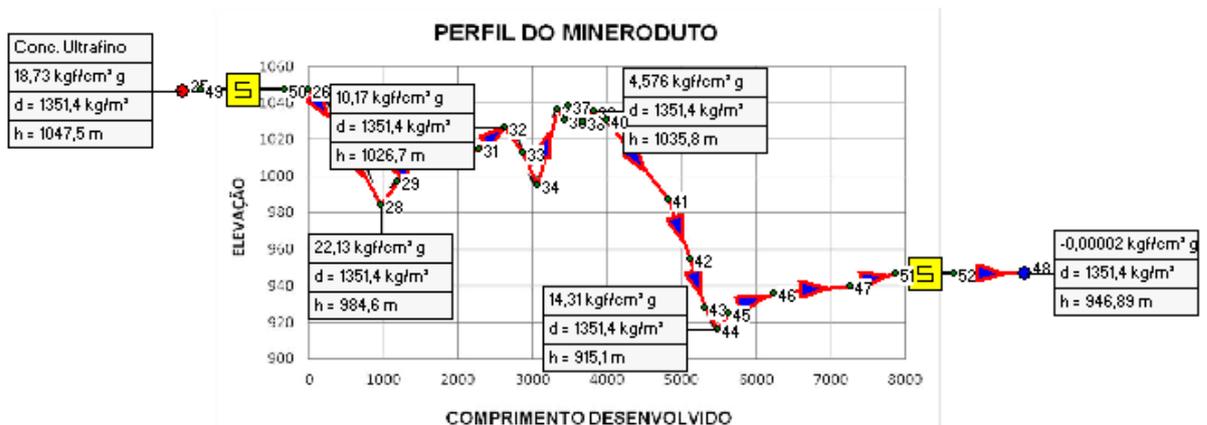


Figura 47–Perda de carga do mineroduto com concentrado ultrafino

Fonte: (LEE, 2013)

A partir dos valores calculados foi possível calcular a potência do conjunto de bombas, conforme demonstrado na tabela 35, considerando uma eficiência constante de 70%.

Tabela 35– Cálculo da potência dos conjuntos de bombas

Potência de bombeamento	Unidade	Convencional	Ultrafino
Vazão	m³/h	305,65	304,01
Pressão no início do mineroduto	kgf/cm² g	25,86	18,73
Bombas em série	-	4	4
Potência fluida	kW	53,8	38,8
Rendimento da bomba	%	70,0%	70,0%
Potência consumida	kW	76,9	55,4
Folga no motor	-	1,25	1,25
Motor	kW	96,1	69,2
Motor selecionado	kW	110,0	
	CV	150	

ANEXO H – RESUMO DO CÁLCULO DO TCLD

A tabela 36 apresenta o resumo do cálculo do TCLD.

Tabela 36– Resumo do cálculo do TCLD

Resumo	TCLD				
	Unid.	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4
Capacidade Nominal	t/h	213,0	213,0	213,0	213,0
Capacidade de Projeto	t/h	266,0	266,0	266,0	266,0
Densidade do Material	t/m ³	1,9	1,9	1,9	1,9
Ângulo de Acomodação do Material	°	20	20	20	20
Ângulo de Inclinação dos Roletes	°	20	20	20	20
Velocidade da Correia	m/s	4,00	4,00	4,00	4,00
Largura da Correia	mm	750	600	600	750
Tipo	-	Poliéster/nylon			
Comprimento da Correia	m	2.210	1.460	1.810	1.460
Desnível	m	-15	-30	-91	20
Inclinação Máxima	°	3,8	9,5	6,8	1
Máximas Tensões					
Resistência de guias, raspadores/limpadores e roletes, aceleração do material e flexão da correia nos tambores e roletes	kN	32,13	22,66	29,36	26,76
Resistência à elevação do material	kN	-2,73	-5,44	-13,19	3,64
Máxima tensão de operação	kN	52,90	40,90	40,50	64,80
Tensão efetiva na correia calculada	kN	29,41	17,22	16,17	30,40
Motor					
Potência de Operação Constante (Carga de Operação)	kW	121,5	74,0	67,5	121,5
Potência de Operação Constante (Carga Projeto)	kW	124,5	73,0	58,5	127,5
Motor	kW	150	100	75	150

ANEXO I – FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO (13-214-27-MC-P-02)

Balço de Produo de Concentrado		REVISÃO 4	ETAPA 2
PRODUÇÃO DA MINA			13/08/2013
Concentrao de P ₂ O ₅	%		10,7%
Umidade do minrio	%BU		17,0%
Produo de minrio umido	t/ano		6.568.248
Produo de minrio seco	t/ano		5.451.646
Regime de operao	h/ano		5.694
Produo horria	t/h		1.154
Razõ Concentrado / Minrio	t / t seco		20,0%
PRODUÇÃO DE CONCENTRADO - SÓLIDOS			13/08/2013
Sólidos Secos			
Concentrado Convencional	t/h		121,07
Concentrado Ultrafino	t/h		14,20
Total	t/h		135,28
Regime de Operao	h/ano		8.060
Concentrado Convencional	t/ano		975.845
Concentrado Ultrafino	t/ano		114.485
Produo anual	t/ano		1.090.329
FINAL DA CONCENTRAÇÃO - TQ DE POLPA			13/08/2013
Produo de Concentrado Convencional	t/h		195,28
% sólidos	%ST		62,0%
Água	t/h		74,21
Densidade	kg/m ³		1.778
Vazõ	m ³ /h		109,82
Produo de Concentrado Ultrafino	t/h		35,51
% sólidos	%ST		40,0%
Água	t/h		21,31
Densidade	kg/m ³		1.393

Balço de Produo de Concentrado	REVISÃO 4	DADOS
Vazão	m ³ /h	25,48
Produo Total de Concentrado	t/h	230,79
Vazão média de polpa	m³/h	136,00
Tempo de operao - Convencional	h/dia	19,4
Tempo de operao - Ultrafino	h/dia	4,5
Tempo TOTAL	h/dia	23,9
DUTO DE CONCENTRADO (MINERODUTO)		13/08/2013
Produo de Concentrado Convencional	t/h	208,75
% sólidos	%ST	58,0%
Água	t/h	87,67
Densidade	kg/m ³	1.693
Vazão	m ³ /h	123,28
Adio de água	t/h	13,47
Produo de Concentrado Ultrafino	t/h	38,39
% sólidos	%ST	37,0%
Água	t/h	24,19
Densidade	kg/m ³	1.354
Vazão	m ³ /h	28,36
Adio de água	t/h	2,88
Adio TOTAL de água	t/h	16,35
Vazão mínima de polpa de projeto	m³/h	257,70
Tempo de operao - Convencional	h/dia	11,5
Tempo de operao - Ultrafino	h/dia	2,6
Tempo TOTAL	h/dia	14,1

CONCENTRADO (TERMINAL DE ROCHA) Condição p/ Transporte Caminhão e TCLD

Produção de Concentrado Convencional	t/h	137,6
Umidade	%BU	12,0%
Água	t/h	16,51
Densidade Aparente	kg/m ³	1.900
Vazão	m ³ /h	72,41
Remoção de água	t/h	71,16
Produção de Concentrado Ultrafino	t/h	16,71
Umidade	%BU	15,0%
Água	t/h	2,51
Densidade	kg/m ³	1.900
Vazão	m ³ /h	8,80
Remoção de água	t/h	21,68
Remoção TOTAL de água	t/h	92,84
Vazão requerida de concentrado	m³/h	80,00
	t/h	152,00
Tempo de operação - Convencional	h/dia	21,7
Tempo de operação - Ultrafino	h/dia	2,6
Tempo TOTAL	h/dia	24,4

A - DUTO DE CONCENTRADO (Mineroduto)		REVISÃO 4	DADOS
Diâmetro Interno do tubo API 5L-X52 Ø 8 ? "	mm		206,4
Comprimento	m		8.000
Volume do Duto de Transporte	m ³		267,6
Vazão de Projeto Nominal	m ³ /h		257,70
Velocidade de Transporte	m/s		2,14
Perda de carga da linha	mCA		60
	mCL		35
Diferença de cota	mCL		-100
Potência Necessária de bombeamento	kW		0
Vazão de Projeto Mínimo	m ³ /h		257,70
Autonomia	h		8,0
Volume Necessário	m ³		2.062
Nível do Tanque	%		50%
Volume Mínimo de Projeto	m ³		4.123
Quantidade de tanques	-		2
Diâmetro do tanque	m		12,0
Altura do tanque	m		12,0
Volume útil com 10% de folga total	m ³		2.443
Produção de Concentrado Convencional		t/h	208,75
Umidade do Concentrado	%BU		42,0%
% sólidos	%ST		58,0%
Sólidos Secos	t/h		121,07
Água	t/h		87,67
Densidade da Polpa (< 70%ST)	kg/m ³		1.693
Vazão Média de Concentrado	m ³ /h		123,3
Vazão de Projeto do Mineroduto	m ³ /h		257,70
Tempo Necessário de Operação	h/dia		11,5

A - DUTO DE CONCENTRADO (Mineroduto)	REVISÃO 4	DADOS
Volume de armazenamento mínimo	m ³	326
Volume de armazenamento disponível (2 TQs)	m ³	2.440
Autonomia de Armazenamento	h	19,8
Produção de Concentrado Ultrafino	t/h	38,39
Umidade do Concentrado	%BU	63,0%
% sólidos	%ST	37,0%
Sólidos Secos	t/h	14,20
Água	t/h	24,19
Densidade da Polpa (< 70%ST)	kg/m ³	1.354
Vazão Média de Concentrado	m ³ /h	28,4
Vazão de Projeto do Mineroduto	m ³ /h	257,70
Tempo Necessário de Operação	h/dia	2,6
Volume de armazenamento mínimo	m ³	326
Volume de armazenamento disponível (1 TQ)	m ³	1.220
Autonomia de Armazenamento	h	43,0
Tempo total de operação	h/dia	14,1
Projeto Série 00		MIN
Vazão de projeto para 2,18 milhões de tpa	m ³ /h	257,70
Espessura adotada Ø 8 ? "	mm	6,35
Peso	kg/m	33,31
Diâmetro Interno de API 5L-X52 Ø 8 ? "	mm	206,38
Velocidade	m/s	2,14
Projeto Série 35		MIN
Vazão de projeto para 1,5 milhões de tpa	m ³ /h	257,70
Espessura adotada Ø 8 ? "	mm	6,35
Diâmetro Interno de API 5L-X52 Ø 8 ? "	mm	206,38

A - DUTO DE CONCENTRADO (Mineroduto)		REVISÃO 4	DADOS
Velocidade	m/s		2,14
Vazão	t/h		257,70
AMT	kg/cm ²		11,60
Rendimento - bomba	%		70%
Potência Consumida - total	kW		116,33
Vazão	m ³ /h		92,84
AMT	mca		50
Rendimento - bomba	%		70%
Potência Consumida - total	kW		18,05

B - TRANSPORTE VA CAMINHÃO		REVISÃO 4	DADOS
Regime de Operação	h/ano		8.059
Produção de Concentrado Convencional	t/h		137,58
Umidade do Concentrado	%BU		12,0%
Sólidos Secos	t/h		121,07
Água	t/h		16,51
Produção de Concentrado Ultrafino	t/h		16,71
Umidade do Concentrado	%BU		15,0%
Sólidos Secos	t/h		14,20
Água	t/h		2,51
Produção Tota de Concentrado	t/h		154,29
Sólidos Secos	t/h		135,28
Água	t/h		19,02
Pilha de Estocagem de Convencional para 8 h	t		1.101
Pilha de Estocagem de Convencional para 24 h	t		3.302
Pilha Concentrado Ultrafino para 24h	t		401
Pilha Concentrado Ultrafino para 48h	t		802
Densidade Aparente	kg/m ³		1.900
Vazão de concentrado convencional	m ³ /h		72,4
Vazão de concentrado convencional	m ³ /h		8,8
Vazão total	m ³ /h		81,2
Capacidade nominal do caminhão	t		42,00
Perda de capacidade (produto residual)	%		4,8%
Capacidade útil do caminhão	t		40,0

B - TRANSPORTE VA CAMINHÃO		REVISÃO 4	DADOS
Tempo total de carregamento	h		0,10
Tempo total de descarregamento	h		0,10
Duração da viagem ida e volta 18 km	h		0,60
Tempo total	h		0,80
Regime de Operação dos caminhões	h / dia		24,00
Viagens por caminhão	unid.		30
Produção Diária Média de Conc. Convencional	t / dia		3.302,0
Quantidade de Caminhões para Convencional	calculada		2,8
	unid.		3
Produção Diária Média de Conc. Ultrafino	t / dia		0,0
Quantidade de Caminhões para Ultrafino	calculada		0,0
	unid.		0
Frota Estimada (folga mínima 20%)	caminhões		4
Folga de capacidade de transporte	%		45,4%
Tráfego Médio de caminhões - Conc.Conv.	caminhões / h		3,4
Tráfego Médio de caminhões - Conc.Ultrafino	caminhões / h		0,0
Tráfego Médio de caminhões - Total	caminhões / h		3,4
Distância Percorrida ida + volta	km		18,0
km rodado com Conc. Conv.	km/ano		498.949
km rodado com Conc. Ultrafino	km/ano		0
km rodado com Conc. Total	km/ano		498.949
Consumo horário por caminhão	l / h		20,0
Consumo Anual (somente convencional)	l/ano		443.511

B - TRANSPORTE VA CAMINHÃO		REVISÃO 4	DADOS
Preço do Combustível	R\$ / l	R\$	1,600
Gasto Anual com Combustível	R\$ / ano	R\$	709.617
Preço do caminhão	R\$	R\$	400.000
Combustível	R\$/km	R\$	1,42
Capital (15% e 3 anos)	R\$/km	R\$	1,40
Manutenção , incl. óleo lub.&pneu (15% / ano)	R\$/km	R\$	0,48
Condutores (R\$ 2.500)	R\$/km	R\$	3,33
Sub Total	R\$/km	R\$	6,64
Capacidade da Pá Carregadeira	t/h		150,0
Qtde de Pás Carregadeiras	unid		1,50
Consumo horário	l / h		25,0
Fator de Operação (somente convencional)	%		61,1%
Preço de Pá Carregadeira	R\$	R\$	550.000
Combustível	l/ano		123.197
Combustível	kR\$/ano	R\$	197,1
Capital (15% e 5 anos)	kR\$/ano	R\$	246,1
Manutenção , incl. óleo lub.&pneu (15% / ano)	kR\$/ano	R\$	82,5
Condutores (R\$ 2.500)	kR\$/ano	R\$	415,6
Sub Total	kR\$/ano	R\$	941,4
Custo equiv. p/ distância percorrida caminhão	R\$/km	R\$	1,89
TOTAL DO FRETE	R\$/km	R\$	8,53
	R\$/t BS Conv	R\$	4,36

C - TRANSPORTADOR DE CORREIA TCLD	REVISÃO 4	DADOS
Produção de Concentrado Convencional	t/h	137,58
Umidade do Concentrado	%BU	12,0%
Sólidos Secos	t/h	121,07
Água	t/h	16,51
Produção de Concentrado Ultrafino	t/h	16,71
Umidade do Concentrado	%BU	15,0%
Sólidos Secos	t/h	14,20
Água	t/h	2,51
Produção Tota de Concentrado	t/h	154,29
Sólidos Secos	t/h	135,28
Água	t/h	19,02
Densidade Aparente	kg/m ³	1.900
Vazão de Concentrado Convencional	m ³ /h	72,41
Vazão de Concentrado Ultrafino	m ³ /h	8,80
Capacidade de Projeto (adicional de 20%)	m ³ /h	140,08
	t/h	266,16
Tempo de operação - Convencional	h/dia	12,4
Tempo de operação - Ultrafino	h/dia	1,5
Tempo TOTAL	h/dia	13,9
Pilha de Estocagem de Convencional para 24 h	t	3.302
Pilha Concentrado Ultrafino para 24h	t	401
Elevação Inicial	m	1.070
Elevação Final	m	1.055
Variação de Cota	m	-15

C - TRANSPORTADOR DE CORREIA TCLD	REVISÃO 4	DADOS
Comprimento Planificado	m	2.210
Comprimento Real	m	2.210
Largura	mm	750
Inclinação	%	-0,7%
Potência Consumida	kW	123,0
Elevação Inicial	m	1.055
Elevação Final	m	1.025
Varição de Cota	m	-30
Comprimento Planificado	m	1.460
Comprimento Real	m	1.460
Largura	mm	600
Inclinação	%	-2,1%
Potência Consumida	kW	74,0
Elevação Inicial	m	1.025
Elevação Final	m	940
Varição de Cota	m	-85
Comprimento Planificado	m	1.810
Comprimento Real	m	1.812
Largura	mm	600
Inclinação	%	-4,7%
Potência Consumida	kW	69,0

AREA	Cargas Elétricas TAG	DOC REF.: S-RL-1000-50-3501 REV. 2	Descrição	Potência [kW]	Tensão [V]	COR	HIDR. [kW]	ROD. [kW]	TCLD [kW]	2.410	Diferença de Potência Instalada
										1.446	Δ Potência Instalada x 0,6
--> a ser retirado para as alternativas ROD. /TCLD										Capacidade	Comentários
BOMB.POLPA	1420-DP-029		Distribuidor de concentrado convencional	0,0	-	-	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-DP-030		Distribuidor de concentrado ultrafino	0,0	-	-	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-TQ-022		Tanques de Concentrado Ultrafino	0,0	-	-	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-TQ-023		Tanques de Concentrado Convencional	0,0	-	-	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-TQ-024		Tanques de Concentrado Convencional	0,0	-	-	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-AG-022		Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-022	200,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-AG-023		Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-023	200,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-AG-024		Agitador de Polpa do Tanque 1420-TQ-024	200,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-101		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-102		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-103		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-104		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-105R		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-106R		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-107R		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BP-108R		Bomba de Carga Tipo Centrífuga	150,0	440	1260-IF-002	0	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BA-001		Bomba centrífuga multistágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BA-002		Bomba centrífuga multistágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BA-003R		Bomba centrífuga multistágio	22,0	440	1260-CM-005	0	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BA-005		Bomba centrífuga multistágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0		
BOMB.POLPA	1420-BA-007		Bomba centrífuga multistágio	22,0	440	1260-CM-005	1	0	0		Consta na LE mas não no FL
BOMB.POLPA	1420-BP-210		Bomba de Polpa (de poço- limpeza)	55,0	440	1260-CM-005	1	0	0		Consta na LE mas não no FL
BOMB.POLPA	1420-UH-001		Unidade Hidráulica	8,0	440	1260-CM-005	0	0	0		
BOMB.POLPA	1420-AM-027		Amostrador Secundário	1,5	440	1260-CM-005	1	0	0		
BOMB.POLPA	-		Sistema Pigging	0,0	-	-	1	0	0		
MINERODUTO	-		Ø 6,625" x 7,1 mm x 8 km	0,0	-	-	1	0	0		
REC.POLPA	1740-DP-001		Distribuidor de Polpa Giratório	7,5	440	1700-CM-002	1	0	0		
REC.POLPA	1740-UH-001		Unidade Hidráulica das Válvulas	8,0	440	1700-CM-002	0	0	0		
REC.POLPA	1740-TQ-001		Tanques de Concentrado Ultrafino	0,0	-	-	1	0	0		
REC.POLPA	1740-TQ-002		Tanques de Concentrado Convencional	0,0	-	-	1	0	0		
REC.POLPA	1740-TQ-003		Tanques de Concentrado Convencional	0,0	-	-	1	0	0		
REC.POLPA	1740-AG-001		Agitador de polpa	200,0	440	1700-IF-001	1	0	0		
REC.POLPA	1740-AG-002		Agitador de polpa	200,0	440	1700-IF-001	1	0	0		
REC.POLPA	1740-AG-003		Agitador de polpa	200,0	440	1700-IF-001	1	0	0		
REC.POLPA	1740-AM-002		Amostrador Secundário Final Mineroduto	1,5	440	1700-CM-002	1	0	0		
REC.POLPA	1740-TE-003		Talha Elétrica	10,0	440	1700-CM-002	0	0	0		

AREA	Cargas Elétricas TAG	DOC REF.: S-RL-1000-50-3501 REV. 2	Descrição	Potência [kW]	Tensão [V]	COR	HIDR. [kW]	ROD. [kW]	TCLD [kW]	2.410	Diferença de Potência Instalada
										1.446	Δ Potência Instalada x 0,6
--> a ser retirado para as alternativas ROD. /TCLD										Capacidade	Comentários
REC.POLPA	1740-TE-004		Talha Elétrica	10,0	440	1700-CM-002	0	0	0		
FILTRAÇÃO	1740-BP-001		Bomba Alim. Filtração Concentrado Ultrafino	11,0	440	1700-CM-002	1	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1740-BP-015		Bomba de Polpa Alim. Filtro Conc. Conv.	45,0	440	1700-IF-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1740-BP-016		Bomba de Polpa Alim. Filtro Conc. Conv.	45,0	440	1700-IF-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-HC-001		Hidrociclone para Filtro Esteira 1742-FL-003	0,0	-	-	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-HC-002		Hidrociclone para Filtro Esteira 1742-FL-004	0,0	-	-	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-FL-001		Filtro de Tambor p/ Conc. Ultrafino	7,5	440	1700-IF-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-FL-001		Filtro de tambor - Agitação	4,5	440	1700-CM-003	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-FL-003		Filtro de Esteira p/ Conc. Convencional	18,5	440	1700-IF-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-FL-004		Filtro de Esteira p/ Conc. Convencional	18,5	440	1700-IF-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-BV-001		Bomba de vácuo para filtro tambor	110	440	1700-CM-003	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-BV-003		Bomba de vácuo para filtro de esteira	300,0	4.160	1700-CM-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-BV-004		Bomba de vácuo para filtro de esteira	300,0	4.160	1700-CM-001	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-BP-223		Bomba de filtrado terminal- Todos os filtros	55,0	440	1700-CM-002	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-BP-224R		Bomba de filtrado terminal- Todos os filtros	55,0	440	1700-CM-002	0	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1743-BP-101		Bomba de Polpa de Drenagem	11,0	440	1700-CM-002	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-TE-001		Talha Elétrica	8,0	440	1700-CM-002	0	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1742-TE-002		Talha Elétrica	8,0	440	1700-CM-002	0	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-BA-123		Bomba de Água de Selagem Bomba de Vácuo	15,0	440	1700-CM-002	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-BA-125R		Bomba de Água de Selagem Bomba de Vácuo	15,0	440	1700-CM-002	0	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-BA-127		Bomba Make-Up Torre de Resfriamento	5,5	440	1700-CM-002	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-BA-129R		Bomba Make-Up Torre de Resfriamento	5,5	440	1700-CM-002	0	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-BA-145		Bomba Alimentação da Torre de Resfriamento	9,2	440	1700-CM-002	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-BA-147R		Bomba Alimentação da Torre de Resfriamento	9,2	440	1700-CM-002	0	0	0		ROD/TC --> para USINA
FILTRAÇÃO	1520-TO-001		Torre de resfriamento	10,0	440	1700-CM-002	1	1	1		ROD/TC --> para USINA
TRANSP.CONC.	1743-TC-001		Transportador de correia	7,5	440	1700-CM-003	1	1	1		Filtro Tambor para 1743-TC-002
TRANSP.CONC.	1743-TC-002		Transportador de correia (reversível)	3,7	440	1700-CM-003	1	1	1		Formação de 2 Pilhas de Ultrafino
TRANSP.CONC.	1743-TC-003		Transportador de correia	22,0	440	1700-CM-003	1	1	1		Recebe dos Filtros Tambor
TRANSP.CONC.	1743-TC-004		Transportador de correia	37,0	440	1700-CM-003	1	1	1		Transf. TC-003 p/ 005 Convencional
TRANSP.CONC.	1743-TC-005		Transportador de correia (reversível)	15,0	440	1700-CM-003	1	1	1		Formação de Pilha de Convencional
TRANSP.CONC.	1743-TC-007		Transportador de correia	30,0	440	1700-CM-003	1	1	1		1743-TC-003 p/ Pilha Pulmão

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
A TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km					75,7	milhões de R\$		
A1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO						
1.1	-	Indiretos (engenharia / gerenciamento / owner team...)		R\$ 8.415.965	kR\$ 8.416	11,1%		15,0%
A2	-	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA			kR\$ 29.161	38,5%		
2.1	1420	Duto de Transp. Concentrado (interno não revestido)	Ø8" x 8 km	Duto Transporte	R\$ 4.000.000		5,3%	
2.2		Tubulação	Ø1.1/2" x 115m	Tubulação	R\$ 69.000			
2.3		Tubulação	Ø2" x 115m	Tubulação	R\$ 86.250			
2.4	1420	Conexões e Curvas Especiais		Tubulação	R\$ 623.288		0,8%	15,0%
2.5	1420	Sistema de Piggings		Tubulação	R\$ 1.000.000		1,3%	
2.6	1420	8 BP de Transporte 1420-BP-101 a 104 + RESERVAS	300 m ³ /h 2bar	Equip. Mecânico	R\$ 800.000		1,1%	
2.7	1420	3 Bombas de Água de Selagem (1420-BA-0103/05/07)	22 m ³ /h 5 bar	Equip. Mecânico	R\$ 200.000		0,3%	
2.8	1420	Bomba Centrífuga Horizontal (BP105/106 / 107 / 108)	200 CV	Equip. Mecânico	R\$ 280.000			
2.9	1420	Bomba Centrífuga Submersível (BP-210)	75 CV	Equip. Mecânico	R\$ 670.000			
2.10	1420	Hidrociclones (HC-039)	16 x 10"	Equip. Mecânico	R\$ 260.000			
2.11	1420	3 Tanques com agitador 2.600 m ³ (1420-TQ-22/23/24)	Ø15,5m x H15,5m	Equip. Mecânico	R\$ 7.500.000		9,9%	
2.12	1420	Talha Elétrica (TE-021/TE-022)		Equip. Mecânico	R\$ 480.000			
2.13	1440	Fornecimento Tubo Pead, Conformo Iso 4427, Pe 80, Pressão Nominal Pn 6, Inclusive Conexões 8"		Tubulação	R\$ 63.750			
2.14	1440	Fornecimento Tubo Pead, Conformo Iso 4427, Pe 100, Pressão Nominal Pn 16, Inclusive Conexões 12"		Tubulação	R\$ 485.000			
2.15	1740	Talha Elétrica (TE-003 / TE-004)		Equip. Mecânico	R\$ 480.000			
2.16	1740	3 Tanques com agitador 1.700 m ³ (1740-TQ-01/02/03)	Ø13m x H13m	Equip. Mecânico	R\$ 7.500.000		9,9%	
2.17	1740	Bombas de água recuperada / rejeito + adutora	Ø6" x 4 km	Equip. Mecânico	R\$ 1.000.000		1,3%	Adutora Ø6" = 250 R\$/m x 2000 m = R\$ 0,5 milhões
2.18	1740	Espressor	Ø35 m	Equip. Mecânico	R\$ 1.500.000		2,0%	
2.19	1740	Bacia de Emergência Bipartida		Equip. Mecânico	R\$ 1.200.000		1,6%	
2.20	1740	Bomba Centrífuga Horizontal (BP-001)		Equip. Mecânico	R\$ 20.000		0,0%	
2.21	1740	Bomba Centrífuga Horizontal (BP-008)		Equip. Mecânico	R\$ 50.000		0,1%	

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
A3 - EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS					kR\$ 2.501	3,3%		
3.1		SE do Terminal de Rocha 3.500 kVA	13,8kV	R\$ 1.000.000		1,3%		
3.2		QCBT 440 V e QCSMT 4160 V		R\$ 500.000		0,7%		
3.3		CCM BT e MT		R\$ 1.000.000		1,3%		
3.4		Diversos				0,0%		
3.5		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
A4 - EQUIPAMENTOS DE I&C DE CAMPO E AUTOMAÇÃO					kR\$ 1.601	2,1%		
4.1		Válvulas de Controle		R\$ 500.000		0,7%		
4.2		Transmissores em geral		R\$ 300.000		0,4%		
4.3		Manômetros e Termômetros		R\$ 50.000		0,1%		
4.4		CLP / Controladores de Processo		R\$ 500.000		0,7%		
4.5		Sistema de Supervisão (EQUIP & Configuração)		R\$ 250.000		0,3%		
4.6		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
A5 - MATERIAL DE INSTALAÇÃO MECÂNICA					kR\$ 2.101	2,8%		
5.1		Tubulação auxiliar		R\$ 500.000		0,7%		
5.2		válvulas, curvas e conexões em geral		R\$ 500.000		0,7%	100,0%	Tubulação
5.3		PIPE-PACK		R\$ 1.000.000		1,3%		
5.4		SUPORTES		R\$ 100.000		0,1%	20,0%	Tubulação
5.5		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
A6 - MATERIAL DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA E I&C					kR\$ 481	0,6%		
6.1		Cabos		R\$ 400.000		0,5%		
6.2		Bandejas e suportes		R\$ 80.000		0,1%	20,0%	do valor dos cabos
6.3		Diversos				0,0%		
6.4		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
A7 - MONTAGEM ELETROMECAÂNICA					kR\$ 10.507	13,9%		
7.1		Estimativa para Montagem de Equipamentos Mecânicos		R\$ 5.669.500		7,5%	25,0%	Equipamentos mecânicos
7.2		Estimativa para Montagem de Equipamentos Elétricos		R\$ 375.150		0,5%	15,0%	Equipamentos elétricos
7.3		Estimativa para Montagem de I&C		R\$ 640.400		0,8%	40,0%	Equipamentos I&C
7.4		Estimativa para Montagem de Tubulação		R\$ 1.737.069		2,3%	70,0%	dos Materiais
7.5		Estimativa para Interligação Elétrica e I&C		R\$ 384.800		0,5%	80,0%	dos Materiais
7.6		Estimativa para Montagem de Duto de Transporte		R\$ 1.200.000		1,6%	30,0%	do Duto de Transporte
7.7		Mobilização, desmobilização e limpeza		R\$ 500.346		0,7%	5,0%	da Montagem Total
A8 - OBRAS CIVIS (MATERIAIS E MÃO DE OBRA)					kR\$ 9.755	12,9%		
8.1		Infraestrutura para Duto de Transp. e Retorno de Água		R\$ 1.000.000		1,3%	25,0%	do Duto de Transporte
8.2		Terraplenagem		R\$ 4.374.079		5,8%	15,0%	
8.3		Base / Fundação		R\$ 2.916.053		3,8%	10,0%	
8.4		Estruturas Concreto / Pavimentação / Edifícios ADM...		R\$ 1.000.000		1,3%		
8.5		Mobilização, desmobilização e limpeza		R\$ 464.507		0,6%	5,0%	da Obra Civil
A9 - DIVERSOS & CONTINGÊNCIA					kR\$ 11.221	14,8%		
9.1						0,0%		
9.2						0,0%		
9.3						0,0%		
9.4		Contingência		R\$ 11.221.286,2		14,8%	20,0%	
A10 TOTAL				R\$ 75.743.682	kR\$ 75.744	100,0%		

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO				DATA				
LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)				24/10/13				
				REV.	4			
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS

A1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO			R\$ 8.416	11,1%		
A2	-	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA			R\$ 29.161	38,5%		
A3	-	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS			R\$ 2.501	3,3%		
A4	-	EQUIPAMENTOS DE I&C DE CAMPO E AUTOMAÇÃO			R\$ 1.601	2,1%		
A5	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO MECÂNICA			R\$ 2.101	2,8%		
A6	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA E I&C			R\$ 481	0,6%		
A7	-	MONTAGEM ELETROMECÂNICA			R\$ 10.507	13,9%		
A8	-	OBRAS CIVIS (MATERIAIS E MÃO DE OBRA)			R\$ 9.755	12,9%		
A9	-	DIVERSOS & CONTINGÊNCIA			R\$ 11.221	14,8%		

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
B		TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km	60,2	milhões de R\$				
B1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO			kr\$ 6.688	11,1%		
1.1	-	Indiretos (engenharia / gerenciamento / owner team...)		R\$ 6.688.184		11,1%	15,0%	
B2	-	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA			kr\$ 14.916	24,8%		
2.1	USINA	transp. Correia TC-01 de 75 m	260 t/h	R\$ 750.000		1,2%		Custo específico de kr\$ 5 / m
2.2	USINA	transp. Correia TC-02 de 95 m	260 t/h	R\$ 950.000		1,6%		Custo específico de kr\$ 5 / m
2.3	USINA	transp. Correia TC-03 de 100 m	30 t/h	R\$ 600.000		1,0%		Custo específico de kr\$ 3 / m
2.4	T.ROD.	TC-08A de 10 m p/carregam. de caminhão de Cono. Conv.	260 t/h	R\$ 100.000		0,2%		Custo específico de kr\$ 5 / m
2.5	T.ROD.	TC-08B de 10 m p/carregam. de caminhão de Cono. Conv.	260 t/h	R\$ 100.000		0,2%		Custo específico de kr\$ 5 / m
2.6	T.ROD.	TC-08C de 10 m p/carregam. de caminhão de Ultralino	30 t/h	R\$ 60.000		0,1%		Custo específico de kr\$ 3 / m
2.9	T.ROD.	TC-09 de 1.000 m p/ transporte Convencional / Ultralino	260 t/h	R\$ 10.000.000		16,6%		Custo específico de kr\$ 5 / m
2.10	1740	TC-10 de 100 m p/ alm. De TR-004 e TR-001 (T.FERRCOV.)	260 t/h	R\$ 1.000.000		1,7%		Custo específico de kr\$ 5 / m
2.11		Diversos		R\$ 1.356.000		2,3%	10,0%	do total dos equipamentos
B3	-	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS			kr\$ 2.001	3,3%		
3.1		SE do Terminal de Rocha < 500 kVA	13,8kV	R\$ 500.000		0,8%		Redução da SE do Terminal de Rocha
3.2		QGBT 440 V e QGMT 4160 V		R\$ 500.000		0,8%		
3.3		CCMBT e MT		R\$ 1.000.000		1,7%		
3.4		Diversos				0,0%		
3.5		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
B4	-	EQUIPAMENTOS DE I&C DE CAMPO E AUTOMAÇÃO			kr\$ 1.601	2,7%		

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
B5	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO MECÂNICA			kr\$ 2.101	3,5%		
5.1		Tubulação auxiliar		R\$ 500.000		0,8%		
5.2		válvulas, curvas e conexões em geral		R\$ 500.000		0,8%	100,0%	Tubulação
5.3		PIPE-RACK		R\$ 1.000.000		1,7%		
5.4		SUPORTES		R\$ 100.000		0,2%	20,0%	Tubulação
5.5		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
B6	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA E I&C			kr\$ 1.082	1,8%		
6.1		Cabos		R\$ 900.500		1,5%	25,0%	Equipamentos elétricos e I&C
6.2		Bandejas e suportes		R\$ 180.100		0,3%	20,0%	do valor dos cabos
6.3		Diversos				0,0%		
6.4		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
B7	-	MONTAGEM ELETROMECAÂNICA			kr\$ 9.729	16,2%		
7.1		Estimativa para Montagem de Equipamentos Mecânicos		R\$ 3.723.000		6,2%	25,0%	Equipamentos mecânicos
7.2		Estimativa para Montagem de Equipamentos Elétricos		R\$ 300.150		0,5%	15,0%	Equipamentos elétricos
7.3		Estimativa para Montagem de I&C		R\$ 640.400		1,1%	40,0%	Equipamentos I&C
7.4		Estimativa para Montagem de Tubulação		R\$ 1.470.700		2,4%	70,0%	dos Materiais
7.5		Estimativa para Interligação Elétrica e I&C		R\$ 865.280		1,4%	80,0%	dos Materiais
7.6		Estimativa para Montagem de Transportadoras de Correia		R\$ 2.237.400		3,7%	15,0%	do valor das TC
7.7		Mobilização, desmobilização e limpeza		R\$ 486.470		0,8%	5,0%	da Montagem Total

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
B8	-	OBRAS CIVIS (MATERIAIS E MÃO DE OBRA)			kr\$ 13.158	21,9%		
8.1	USINA	Galpão coberto para pilhas de emergência 100 m x 55 m	5.500 m²	R\$ 2.750.000		4,6%		Custo específico de kr\$ 0,5 / m²
8.2		Estrada de 8 km e 12 m de largura		R\$ 4.000.000		6,6%		Custo específico de kr\$ 500 / km
8.3		Ponte com vão de 40 m estrutura biapoiada		R\$ 2.500.000		4,2%		Estimado --> Informação de Consultor Civil
8.4	T.ROD.	Galpão coberto p/ descarreg. + pilha emerg. 50 m x 50 m	2.500 m²	R\$ 1.250.000		2,1%		Custo específico de kr\$ 0,5 / m²
8.5		Bases e Fundações		R\$ 500.000		0,8%		Não há necessidade de fundação pesada de TQs
8.6		Pavimentação, canalatas etc.		R\$ 500.000		0,8%		Não há necessidade de Bacia de Emergência
8.7		Edifícios ADM, Manutenção, Portaria etc.		R\$ 1.000.000		1,7%		
8.8		Mobilização, desmobilização e limpeza		R\$ 657.895		1,1%	5,0%	da Obra Civil
B9	-	DIVERSOS & CONTINGÊNCIA			kr\$ 8.918	14,8%		
9.1						0,0%		
9.2						0,0%		
9.3						0,0%		
9.4		Contingência		R\$ 8.917.579		14,8%	20,0%	Valor Total
B10	TOTAL			R\$ 60.193.658	kr\$ 60.194	100,0%		

B1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO			kr\$ 6.688	11,1%		
B2	-	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA			kr\$ 14.916	24,8%		
B3	-	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS			kr\$ 2.001	3,3%		
B4	-	EQUIPAMENTOS DE I&C DE CAMPO E AUTOMAÇÃO			kr\$ 1.601	2,7%		
B5	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO MECÂNICA			kr\$ 2.101	3,5%		
B6	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA E I&C			kr\$ 1.082	1,8%		
B7	-	MONTAGEM ELETROMECAÂNICA			kr\$ 9.729	16,2%		
B8	-	OBRAS CIVIS (MATERIAIS E MÃO DE OBRA)			kr\$ 13.158	21,9%		
B9	-	DIVERSOS & CONTINGÊNCIA			kr\$ 8.918	14,8%		

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
C		TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$			
C1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO			kR\$ 12.522	11,1%		
1.1	-	Indiretos (engenharia / gerenciamento / owner team...)		R\$ 12.522.471		11,1%	15,0%	
C2	-	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA			kR\$ 52.286	46,4%		
2.1	USINA	transp. Correia TC-01 de 75 m	260 th	R\$ 467.500		0,8%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.2	USINA	transp. Correia TC-02 de 95 m	260 th	R\$ 617.500		1,0%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.3	USINA	transp. Correia TC-03 de 100 m	30 th	R\$ 500.000		0,8%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.4	USINA	TC-04 de 10 m p/ formação da pilha de Conc. Conv.	260 th	R\$ 65.000		0,1%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.5	USINA	TC-05 de 5 m p/ carregam. com pás carregadeiras Conv.	260 th	R\$ 32.500		0,1%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.6	USINA	TC-06 de 5 m p/ carregam. com pás carregadeiras Ultrafino	30 th	R\$ 30.000		0,0%		Custo específico de kR\$ 6,7 / m
2.7	USINA	TC-07 de 30 m p/ interligação com sistema TCLD	260 th	R\$ 195.000		0,3%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.8	T740	TC-10 de 100 m p/ alm. De TR-004 e TR-001(T.FERRICV.)	260 th	R\$ 650.000		1,1%		Custo específico de kR\$ 6,5 / m
2.9		TCLD-01 de 2.210 m e largura de 30"	260 th	R\$ 15.470.000		25,7%		Custo específico de kR\$ 7 / m
2.10		TCLD-01 de 1.460 m e largura de 24"	260 th	R\$ 8.760.000		14,6%		Custo específico de kR\$ 6 / m
2.11		TCLD-01 de 1.800 m e largura de 24"	260 th	R\$ 10.800.000		17,3%		Custo específico de kR\$ 6 / m
2.12		TCLD-01 de 1.500 m e largura de 30"	260 th	R\$ 10.500.000		17,4%		Custo específico de kR\$ 7 / m
2.13		Diversos		R\$ 4.178.611		6,3%	10,0%	do total dos equipamentos
C3	-	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS			kR\$ 2.001	1,8%		
3.1		SE do Terminal de Rocha / Usina de Concentração	13,8 kV	R\$ 500.000		0,8%		Redução da SE do Terminal de Rocha
3.2		QGBT 440 V e QGMT 4160 V		R\$ 500.000		0,8%		
3.3		CCMBT e MT		R\$ 1.000.000		1,7%		
3.4		Diversos				0,0%		
3.5		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
C4	-	EQUIPAMENTOS DE I&C DE CAMPO E AUTOMAÇÃO			kR\$ 1.251	1,1%		
4.1		Válvulas de Controle		R\$ 500.000		0,8%		
4.2		Transmissores em geral		R\$ 300.000		0,5%		
4.3		Manômetros e Termômetros		R\$ 50.000		0,1%		
4.4		CLP / Controladores de Processo		R\$ 300.000		0,5%		Utilização CLP da Usina
4.5		Sistema de Supervisão (EQUIP & Configuração)		R\$ 100.000		0,2%		Utilização Sistema de Supervisão da Usina
4.6		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
C5	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO MECÂNICA			kR\$ 2.101	1,9%		
5.1		Tubulação auxiliar		R\$ 500.000		0,8%		
5.2		válvulas, curvas e conexões em geral		R\$ 500.000		0,8%	100,0%	Tubulação
5.3		PIPE-PACK		R\$ 1.000.000		1,7%		
5.4		SUPORTES		R\$ 100.000		0,2%	20,0%	Tubulação
5.5		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
C6	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA E I&C			kR\$ 977	0,9%		
6.1		Cabos		R\$ 813.000		1,4%	25,0%	Equipamentos elétricos e I&C
6.2		Bandejas e suportes		R\$ 162.600		0,3%	20,0%	do valor dos cabos
6.3		Diversos				0,0%		
6.4		Diversos		R\$ 1.000		0,0%		
C7	-	MONTAGEM ELETROMECÂNICA			kR\$ 16.973	15,1%		
7.1		Estimativa para Montagem de Equipamentos Mecânicos		R\$ 13.071.528		21,7%	25,0%	Equipamentos mecânicos
7.2		Estimativa para Montagem de Equipamentos Elétricos		R\$ 300.150		0,5%	15,0%	Equipamentos elétricos
7.3		Estimativa para Montagem de I&C		R\$ 500.400		0,8%	40,0%	Equipamentos I&C
7.4		Estimativa para Montagem de Tubulação		R\$ 1.470.700		2,4%	70,0%	dos Materiais
7.5		Estimativa para Interligação Elétrica e I&C		R\$ 781.280		1,3%	80,0%	dos Materiais
7.6		Mobilização, desmobilização e limpeza		R\$ 848.635		1,4%	5,0%	da Montagem Total

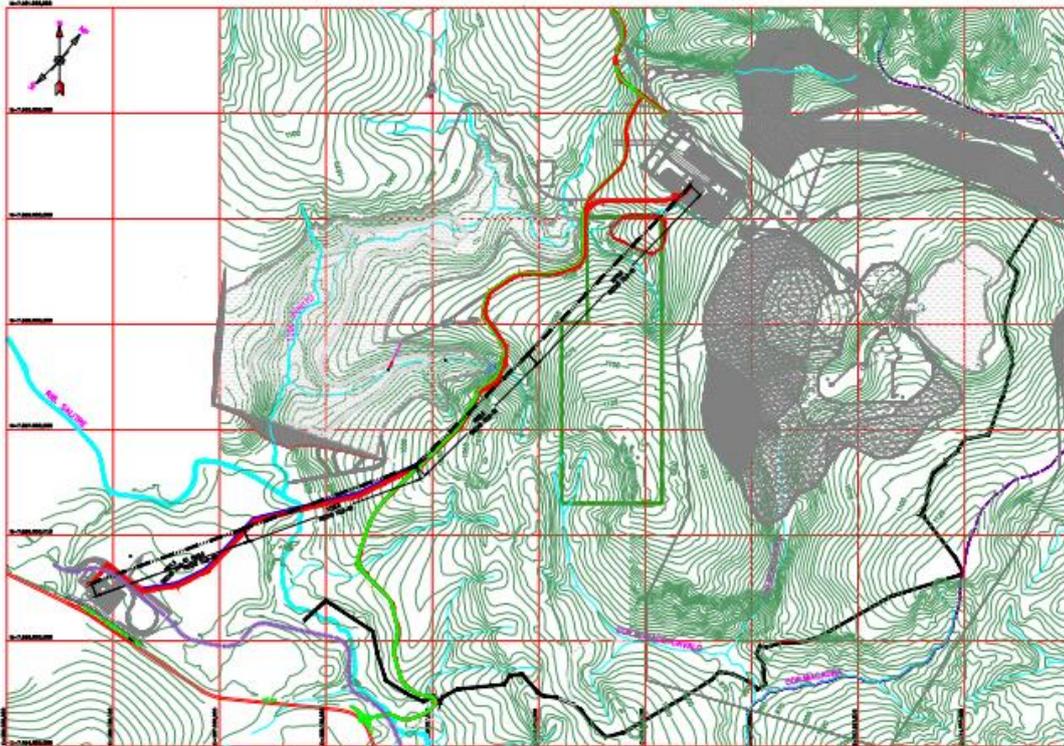
ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO FOSFÁTICO LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX)					DATA	24/10/13		
					REV.	4		
TRANSPORTE HIDRÁULICO - MINERODUTO 8 km		75,7	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA CAMINHÃO - 9 km		60,2	milhões de R\$					
TRANSPORTE VIA TCLD - 6 km		112,7	milhões de R\$					
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	ESPEC.	VALOR+IMPOSTOS	SUB-TOTAL	%TOTAL	%CRITÉRIO	COMENTÁRIOS
C8	-	OBRAS CIVIS (MATERIAIS E MÃO DE OBRA)			kR\$ 7.895	7,0%		
8.1		Galpão coberto para pilhas de emergência 175 m x 55 m	10.000 m²	R\$ 5.000.000		8,3%		Custo específico de kR\$ 0,5 / m²
8.2		Bases e Fundações		R\$ 1.000.000		0,9%		Incluindo bases dos TCLD
8.3		Pavimentação, canaletas etc.		R\$ 500.000		0,4%		
8.4		Edifícios ADM, Manutenção, Portaria etc.		R\$ 1.000.000		0,9%		
8.5		Mobilização, desmobilização e limpeza		R\$ 394.737		0,4%	5,0%	da Obra Civil
C9	-	DIVERSOS & CONTINGÊNCIA			kR\$ 16.697	14,8%		
9.1						0,0%		
9.2						0,0%		
9.3						0,0%		
9.4		Contingência		R\$ 16.696.628		14,8%	20,0%	
C10		TOTAL		R\$ 112.702.239	kR\$ 112.702	100,0%		

C1	-	PROJETO E GERENCIAMENTO			kR\$ 12.522	11,1%		
C2	-	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS & CALDEIRARIA			kR\$ 52.286	46,4%		
C3	-	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS			kR\$ 2.001	1,8%		
C4	-	EQUIPAMENTOS DE I&C DE CAMPO E AUTOMAÇÃO			kR\$ 1.251	1,1%		
C5	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO MECÂNICA			kR\$ 2.101	1,9%		
C6	-	MATERIAL DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA E I&C			kR\$ 977	0,9%		
C7	-	MONTAGEM ELETROMECÂNICA			kR\$ 16.973	15,1%		
C8	-	OBRAS CIVIS (MATERIAIS E MÃO DE OBRA)			kR\$ 7.895	7,0%		
C9	-	DIVERSOS & CONTINGÊNCIA			kR\$ 16.697	14,8%		

Alternativa de Transporte	REVISÃO 4	Hidráulico		Caminhão		TCLD	
	24/10/2013		DADOS		DADOS		DADOS
Dados Gerais							
Regime de Operação	h/ano		8.060		8.060		8.060
Custo de água	R\$/m³	R\$	0,50		-		-
Custo de EE	R\$/MWh	R\$	167,38	R\$	167,38	R\$	167,38
Custo de FRETE (caminhão fora de estrada)	R\$/km		-	R\$	8,40		-
Custo de FRETE (caminhão rodoviário)	R\$/km		-	R\$	10,00		-
Preço de Óleo Diesel (não utilizado)	R\$/l		-	R\$	1,60		-
Dados de Operação / Projeto							
Sólidos - Concentrado Convencional Produzido	t/h		121,07		121,07		121,07
Sólidos - Concentrado Ultrafino Produzido	t/h		14,20		14,20		14,20
Sólidos - Concentrado Transportado	t/h		135,28		121,07		135,28
Consumo de água	m³/h		14,0		0,0		0,0
Consumo de Energia	kW		1.200		100,0		360,0
Qtde de caminhões fora de estrada	unid / h		-		3,44		-
Qtde de caminhões rodoviários	unid / h		-		0,48		-
Percurso (ida e volta)	km		-		18,00		-
Outros Consumos	t/h		-		-		-
Consumo Anual de Combustível	l/ano		-		566.708		-
Consumo Energético Total	Gcal/ano		8.316		5.578		2.495
Investimento Requerido (CAPEX)							
Valor Total Estimado	kR\$	R\$	75.500	R\$	60.200	R\$	112.800
Prazo Amortização	anos		10,0		10,0		10,0
Taxa de Juros	%aa		15,0%		15,0%		15,0%
Custo de Capital	kR\$/ano		15.044		11.995		22.476
Custo específico	R\$/t seco	R\$	13,80	R\$	12,29	R\$	20,61

Alternativa de Transporte	REVISÃO 4	Hidráulico		Caminhão		TCLD	
	24/10/2013		DADOS		DADOS		DADOS
Custos de Operação (OPEX)							
Consumo de água	kR\$/ano		56		-		-
Consumo de Energia	kR\$/ano		1.619		135		486
FRETE caminhão fora de estrada	kR\$/ano		-		4.192		-
FRETE caminhão rodoviário	kR\$/ano		-		347		-
Manutenção da Via de Acesso (2% / ano)	kR\$/ano		-		90		-
Manutenção de TCLD (5% / ano)	kR\$/ano		0		0		1.000
Outros Custos	kR\$/ano		0		0		0
TOTAL	kR\$/ano		1.675		4.763		1.486
Custo específico	R\$/t seco	R\$	1,54	R\$	4,88	R\$	1,36 6,2%
Análise Simplificada							
Custo específico TOTAL	R\$/t seco	R\$	15,33	R\$	17,17	R\$	21,98
VPL para 10 anos	kR\$		84.880		87.365		125.168
VPL para 35 anos	kR\$		87.557		94.976		127.542

ANEXO J – ENCAMINHAMENTO DAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE (13-214-27-DE-M-01)



LEGENDA:

- MINERODUTO
- TRANSPORTADOR DE CORDEIA DE LONGA DISTÂNCIA
- RIO
- ESTRADA ALTERNATIVA (EXISTENTE)
- ESTRADA DE ACESSO AO COMPLEXO MINERAL
- ESTRADA DE ACESSO AO TERMINAL DE ROCHA
- MG-230
- FERROVIA

NOTAS:

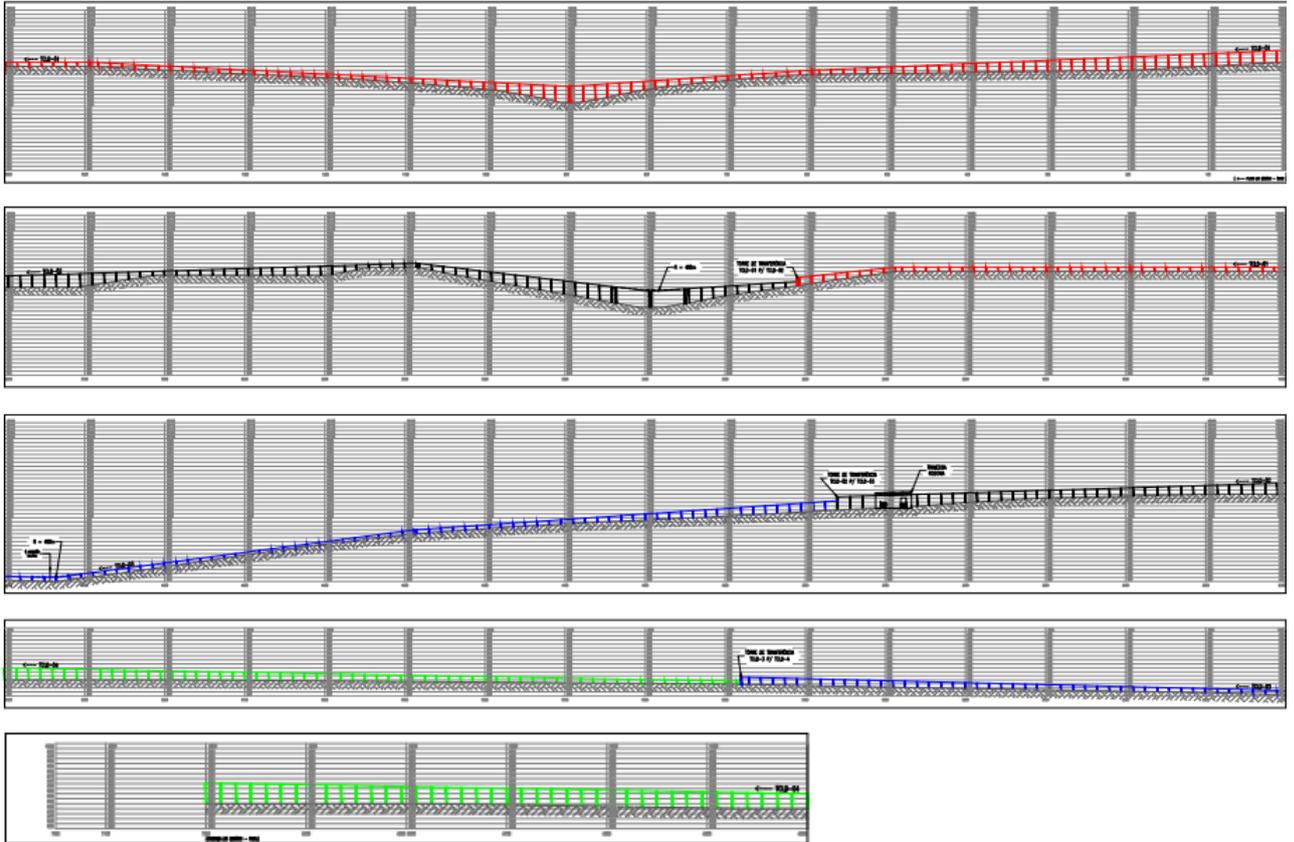
1- PARA REFERÊNCIA VDE DES. Nº13-DE-1000-30-0010 REV.16C

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	REV. POR	APROV.
3	REVISÃO GERAL	25/10/13	A.S.	H.J.L.
2	ALTERADO O TRAJETO DO TOLD	09/10/13	A.S.	B.V.J.S.
1	ALTERADO O TRAJETO DO TOLD	25/09/13	A.S.	B.V.J.S.
0	EMISSÃO INICIAL	05/08/13	-	-

REVISÃO

FIGENER				PROJETO: TRANSPORTE DE CONCENTRADO Nº 13-214-27-DE-M-01	
AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NESTE DESENHO S/O DE PROPRIEDADES DA FERTILIZANTES S/A E SÃO FORNECIDAS SOB A CONDIÇÃO DE NÃO SEREM REPRODUZIDAS, COPIADAS, EMPRESTADAS OU COLOCADAS A DISPOSIÇÃO DE TERCEIROS, NEM UTILIZADAS PARA OUTRAS FINALIDADES, SENÃO AQUELA PARA A QUAL FORAM ESPECIFICAMENTE FORNECIDAS.					
				ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO ANEXO 10 / RI-000SR-G-00907 ENCAMINHAMENTO BÁSICO DAS ALTERNATIVAS	
REV.	PRG.	ESC.	DATA	REV.	REV.
A.S.	H.J.L.	S/E	05/08/2013	-	-
MENC.	CONF.	COORD.	APROV.	Nº DES.	FL.
-	-	-	-	-	1/1
					3

ANEXO K – PERFIL DO TCLD (13-214-27-DE-M-02)



				PROJETO: TRANSPORTE DE CONCENTRADO	
				Nº 13-214-27-DE-M-02	
AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NESTE DESENHO SÃO DE PROPRIEDADES DA FERTILIZANTES S/A E SÃO FORNECIDAS SOB A CONDIÇÃO DE NÃO SEREM REPRODUZIDAS, COPIADAS, EMPRESTADAS OU COLOCADAS A DISPOSIÇÃO DE TERCEIROS, NEM UTILIZADAS PARA OUTRAS FINALIDADES, SENÃO AQUELA PARA A QUAL FORAM ESPECIFICAMENTE FORNECIDAS.					
ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO ANEXO 11 / RL-000SR-G-00907 PERFIL DO TCLD					
DES.	PROJ.	ESC.	DATA		
A.S.	B.V.&S	S/E	09.10.13		
VERIF.	CONF.	COORD.	APROV.	Nº DES.	REV.
-	-	-	-	-	1/1 0

N°	DESCRIÇÃO	DATA	REV. POR	APROV.
0	EMISSÃO INICIAL	09.10.13	-	-
REVISÃO				