

**Serviços técnicos especializados para
elaboração de avaliação econômica do
Projeto Cobre de Bom Jardim, Goiás,
Brasil**

Produto 03

**Relatório Final de Avaliação Econômica
do Depósito Mineral de Bom Jardim,
Goiás, Brasil**

Preparado pela GE21 em nome da:

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Data:	29 de dezembro de 2017
Data Efetiva:	19 de outubro de 2017
<u>Autor:</u>	Porfirio Cabaleiro Rodriguez
<u>Autor:</u>	Mário Conrado Reinhardt
<u>Autor:</u>	Bernardo Horta de Cerqueira Viana
<u>Autor:</u>	Fábio Valério Xavier
<u>Autor:</u>	Rooniel Hirose
<u>Autor:</u>	Guilherme Gomides
<u>Autor:</u>	Augusto Mendonça

Autores:	Porfírio Cabaleiro Rodriguez	Eng. de Minas	BSc (Mine Eng), MAIG
	Mário Conrado Reinhardt	Geólogo	BSc (Geology), MAIG
	Bernardo Horta de Cerqueira Viana	Geólogo	BSc (Geology), MAIG, MBA
	Fábio Valério Xavier	Geólogo	BSc (Geology), MAIG
	Rooniel Hirose	Eng. de Minas	BSc (Min Eng)
	Guilherme Gomides	Eng. de Minas	BSc (Min Eng)
	Augusto Mendonça	Geólogo	PhD (Geology)

Data Efetiva:	19 de outubro de 2017
Data de Entrega:	29 de dezembro de 2017
Projeto GE21 N°:	GE21_160212
Versão:	Rev 0
Diretório de trabalho:	S:\Projetos\CPRM160212_Cu23_Relatorio\Final
Data de impressão:	11 de janeiro de 2018
Cópias:	CPRM (4)
	GE21 Consultoria Mineral (1)

Controle de Alterações do documento

Versão	Descrição	Autor(s)	Data

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	7
1 INTRODUÇÃO	14
2 PROJETO CONCEITUAL	16
2.1 Estudo de Mercado	16
2.1.1 Indústria Mundial do Cobre: Situação Atual e Perspectivas ..	17
2.1.2 Recursos e Reservas	17
2.1.3 Produção Mineral	19
2.1.4 Consumo Mundial	20
2.1.5 Mercado Brasileiro.....	21
2.1.6 Oferta Local de Concentrado de Cobre.....	23
2.2 Estudo Econômico Conceitual.....	25
2.2.1 Dados Recebidos.....	25
2.2.2 Recurso Mineral Considerado.....	25
2.2.3 Estimativa de Cava Final	26
2.2.4 Resultados Obtidos	31
3 REAVALIAÇÃO EXPEDITA DO MODELO GEOLÓGICO	32
3.1 Interpretação atual	32
3.2 Avaliação de Dados e de Modelo	33
3.3 Análise Variográfica	37
3.4 Avaliação de Subprodutos	38
4 REVISÃO DO PROJETO CONCEITUAL	39
4.1 Introdução	39
4.2 Recurso Mineral	39
4.3 Estimativa de Cava Final	40
4.4 Operacionalização de Cava	46
4.4.1 Metodologia	46
4.4.2 Parâmetros Geométricos, Econômicos e Geotécnicos	47
4.4.3 Cava Final Operacionalizada	47
4.5 Sequenciamento de Lavra	52
4.6 Processamento Mineral	53
4.7 Pilhas de Estéril e Barragem de Rejeitos	54
4.8 Estimativa de CAPEX e OPEX	55
4.8.1 CAPEX	55
4.8.2 OPEX.....	56
4.9 Análise Econômica.....	56
4.9.1 Fluxo de Caixa	58
4.9.2 Análise de Sensibilidade.....	59
5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MERCADO E PREÇOS	61
5.1 Cobre	62
5.2 Cobalto.....	64

6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO CONCEITUAL REVISADO	66
6.1	Sobre o Estágio do Projeto	66
6.2	Sobre a Valoração do Depósito.....	66
7	PESQUISA COMPLEMENTAR	67
7.1	Introdução	67
7.2	Programa de Pesquisa Complementar Mínimo Recomendado – Fase 01	68
7.3	Estimativa de Orçamento e Cronograma de Execução da Pesquisa Complementar Mínima Recomendada	71
7.4	Programa de Pesquisa Complementar – Fase 2	72
8	FORMATO DE LICITAÇÃO SUGERIDO.....	73
8.1	Pagamento de Sinal e de Prêmio de Oportunidade	73
8.2	Pagamento de <i>Royalty</i>	74
8.3	Sobre Áreas Adicionais Requeridas na Vizinhança.....	78
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
10	REFERÊNCIAS	81

LISTA DE TABELAS

Tabela SE_1 – Recursos Minerais do Projeto	7
Tabela SE_2 – Atualização do Modelo de Blocos do Projeto	8
Tabela SE_3 – Fluxo de Caixa Simplificado do Estudo Conceitual Revisado	9
Tabela SE_4 – Sugestão de Valores do Prêmio e Pagamentos	10
Tabela SE_5 – Avaliação do Peso do <i>Royalty</i> em relação ao Retorno Líquido	11
Tabela SE_6 – Variação de Taxa de Desconto, de VPL e os seu <i>Royalty</i> equivalente	11
Tabela SE_7 Evolução do Prêmio Total em Função do <i>Royalty</i>	12
Tabela 2.1.2_1 – Reservas Mundiais de Cobre	18
Tabela 2.1.2_2 – Reservas e Produção Mundial	18
Tabela 2.1.3_1 – Produção de Cobre (mineração)	19
Tabela 2.1.3_2 – Produção de Cobre Refinado	20
Tabela 2.1.4_1 – Consumo de Cobre Refinado	21
Tabela 2.1.5_1 – Balanço ProduçãoxConsumo de Cobre Metálico (Frágil)	22
Tabela 2.1.5_2 – Balanço ProduçãoxConsumo de Cobre Metálico (Vigoroso)	22
Tabela 2.1.5_3 – Balanço ProduçãoxConsumo de Cobre Metálico (Inovador)	23
Tabela 2.2.2_1 – Dimensões do Modelo de Blocos	25
Tabela 2.2.2_2 – Dimensões do Modelo de Blocos	25
Tabela 2.2.3_1 – Parâmetros de Otimização de Cava	26
Tabela 2.2.3_2 – Preço EX Works	27

Tabela 2.2.3_3 – Resultados da Otimização de Cava	29
Tabela 4.2_1 – Dimensões do Modelo de Blocos	39
Tabela 4.2_2 – Comparativo de Recursos Minerais	39
Tabela 4.3_1 – Parâmetros de Otimização de Cava	40
Tabela 4.3_2 – Preço EX Works	41
Tabela 4.3_3 – Projetos Base de Cálculo	41
Tabela 4.3_4 – Características dos Projetos Base	42
Tabela 4.3_5 – Resultados da Otimização de Cavas	44
Tabela 4.4.2_1 – Parâmetros de Operacionalização de Cava	47
Tabela 4.4.3_1 – Inventário Mineral	51
Tabela 4.5_1 – Sequenciamento Matemático de Lavra – Mina	52
Tabela 4.5_2 – Sequenciamento de Lavra – Planta e Estoque Minério Marginal	52
Tabela 4.8.1_1 – Sumário do Capex	56
Tabela 4.8.2_1 – Sumário do Opex	56
Tabela 4.9.1_1 – Fluxo de Caixa Simplificado	59
Tabela 4.9.1_2 – Resultado Financeiro do Projeto Bom Jardim	59
Tabela 4.9.2_1 – Variação de Parâmetros para Análise de Sensibilidade	60
Tabela 4.9.2.1_1 – Resultado Financeiro da Cava Extendida	61
Tabela 7.2_1 – Plano de Sondagem Preliminar – Metragem Mínima Tipo Infill	71
Tabela 7.3_1 – Cronograma Sugerido para Pesquisa Complementar	71
Tabela 7.3_2 – Orçamento Estimado para a Pesquisa Complementar	72
Tabela 8.1_1 – Sugestão de Valores do Prêmio e Pagamento	74
Tabela 8.2_1 – Peso do Royalty equivalente ao Lucro Líquido do Projeto BJ	74
Tabela 8.2_2 Decomposição de Risco e Risco País	75
Tabela 8.2_3 Estimativa de Taxa de Desconto (Risco) do Projeto Bom Jardim	76
Tabela 8.2_4 Variação de Taxa de Desconto, de VPL e os seu Royalty equivalente	76
Tabela 8.2_5 Evolução do Prêmio Total em Função do Royalty	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1_1 – Mapa do Brasil com a distribuição dos principais projetos de cobre	15
Figura 2.2.3_1 – Resultados da Otimização de Cava	28
Figura 2.2.3_2 – Cava Matemática Seleccionada (Vista em Planta)	30
Figura 2.2.3_3 – Cava Matemática Seleccionada (Vista em Perspectiva)	30
Figura 2.2.3_4 – Cava Matemática Seleccionada (Seção Vertical AA')	31

Figura 2.2.3_5 – Cava Matemática Seleccionada (Seção Vertical BB')	31
Figura 3.1_1 – Seção 760S – CPRM – Reavaliação da Interpretação Geológica	33
Figura 3.2_1 – Mapa Geológico – CPRM com possível trend >0,4%	35
Figura 3.2_2 – Fraturamento seletivo no furo BJ14 (Furo vertical) e relação com S0	36
Figura 3.2_3 – Feições de alteração e mineralização no furo BJ33 (Furo vertical) e relação com S0 e <i>stockwork</i>	36
Figura 3.2_4 – Seção 760S – CPRM – Apresentada no RFP	37
Figura 3.3_1 – Seção 760S – Projeção da elipse obtida na análise variográfica	37
Figura 3.4_1 – Resultados de análise de Cu, Co e Au de amostras estudadas.	38
Figura 4.3_1 – Resultados da Otimização de Cavas	45
Figura 4.3_2 – Vista em Planta do Limite da Cava Ótima	46
Figura 4.4.3_1 – Cava Final Operacionalizada – Vista em Planta	47
Figura 4.4.3_2 – Cava Final Operacionalizada – Vista em Perspectiva	48
Figura 4.4.3_3 – Cava Final Operacionalizada – Seção Longitudinal AA'	48
Figura 4.4.3_4 – Cava Final Operacionalizada – Seção Longitudinal BB'	49
Figura 4.4.3_5 – Cava Final Operacionalizada – Seção Transversal CC'	49
Figura 4.4.3_6 – Cava Final Operacionalizada – Seção Transversal DD'	50
Figura 4.4.3_7 – Cava Final Operacionalizada – Seção Transversal EE'	50
Figura 4.5_1 – Sequenciamento Matemático de Lavra Projeto Bom Jardim	53
Figura 4.6_1 – Fluxograma Esquemático de Processo	54
Figura 4.7_1 – Potenciais Áreas para alocação de Pilhas de Estéril e Barragem de Rejeitos	55
Figura 4.9.2_1 – Análise de Sensibilidade – VPL	60
Figura 4.9.2_2 – Análise de Sensibilidade – TIR	60
Figure 5.1_1 – Preço do Cobre 2012 - 2017	64
Figure 5.1_2 – Preço do Cobalto - 2017	65
Figura 6.2_1 – Seleção do Método de valoração em Função do Estágio do Projeto	67
Figura 7.2_1 – Mapa do Plano Preliminar de Sondagem Complementar Mínima tipo Infill	70

ANEXO 1 - Forecast de Preços adotados nas estimativas de Cava Final

ANEXO 2 - Fluxo de Caixa Descontado Simplificado da Cava Estendida

SUMÁRIO EXECUTIVO

Objetivo

O presente relatório apresenta os trabalhos de serviços técnicos especializados realizados para elaboração de avaliação econômica do Projeto Cobre de Bom Jardim, conforme Processo No 081/DEAMP/2017, Contrato No 061/PR/17. O trabalho foi realizado em 3 etapas sequenciais, iniciando-se com a entrega dos dados, pela CPRM, em reunião *kick-off* realizada no dia 19 de outubro.

O objetivo principal do estudo foi realizar a modelagem econômica do Projeto buscando definir parâmetros adequados e valores justos para negociação do ativo, identificar possíveis gargalos econômicos que sejam merecedores de atenção dos investidores futuros além de indicar a possibilidade de se desenvolver uma operação mineira economicamente atrativa e sustentável.

O Projeto

O Projeto Bom Jardim localiza-se 28km ao sul da cidade de Bom Jardim de Goiás, no extremo oeste do estado de Goiás. A CPRM detém uma área requerida de 1.000ha (DNPM nº 812.488/1974) com Relatório Final de Pesquisa aprovado em 24/07/1980. Recentemente, a CPRM revisou os recursos minerais da área, alcançando recursos inferidos estimado em 4,4 milhões de toneladas a 0,44% Cu (Tabela SE_1). Esta reavaliação dos recursos minerais foi apresentada através do relatório interno “RELATÓRIO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL – dezembro 2017”.

Tabela SE_1				
Estimativa de recursos minerais do depósito de Bom Jardim, CPRM, dezembro de 2016				
Quadro de Recursos – Projeto Bom Jardim				
	Toneladas	Densidade	Cu (%)	Metal Contido Cu (t)
Recursos Inferidos	4.434.637	2,59	0,44	19.284,37

Etapa 01 – Estudo conceitual de viabilidade econômica

Na etapa 01, a GE21 executou um estudo de mercado e um estudo conceitual de viabilidade econômica dos Recursos Minerais oficiais apresentados pela CPRM.

A partir das informações disponíveis e considerando parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar, o projeto conceitual de lavra a céu aberto apresentou um quantitativo de material mineralizado lavrável de 1.7Mt @0.49% Cu, totalizando 26kt de concentrado @27% Cu (cerca de 18 milhões de libras de cobre contido) e uma REM superior a 6:1.

Mesmo considerando parâmetros otimistas, estes resultados não se mostram atrativos para um empreendimento mineiro, pois considerando uma taxa de produção de 500ktpa, a vida da mina seria inferior a 4 anos, além de apresentar elevada relação de Estéril/Minério.

Etapa 02 – Revisão do Estudo Conceitual e Definição de Alvo Avançado de Exploração

Na etapa 02, após reunião com a equipe CPRM e com o objetivo de buscar opções alternativas para o Projeto, decidiu-se por uma reavaliação expedita dos dados de pesquisa e do modelo geológico. Neste sentido, realizou-se uma discussão sobre a interpretação espacial da mineralização, os estudos variográficos, os dados geoquímicos de ICP e seus potenciais subprodutos e sobre potenciais continuidades da mineralização *downdip* segundo o *strike*, que pudessem indicar uma ampliação da potencialidade do Projeto.

Conclui-se que, considerando o estágio ainda inicial da pesquisa e devido à presença e tendência de valorização dos metais de Cobalto e Ouro no mercado mundial, os mesmos deveriam ser considerados como potenciais subprodutos do estudo. Desta forma, a CPRM decidiu realizar uma atualização do modelo de blocos do depósito de Bom Jardim, incluindo também os valores de cobre < 0,2 % Cu, e de potenciais subprodutos como Co e Au (Tabela SE_2).

Tabela SE_2						
Atualização do Modelo de Blocos de Bom Jardim – CPRM, 13.11.2017						
ROCKTYPE CUTOFF	VOLUME	TONNES	DENSIDADE	Cu_pct_c	Au_ppm_c	Co_ppm
HIDR >0.04 <0.1	1 498 415	3 790 156	2,53	0,05	48,52	0,009
MEDI >0.1<0.2	1 550 272	3 974 665	2,56	0,11	88,80	0,013
HIGH >0.2	1 731 598	4 513 496	2,61	0,43	215,55	0,048
TOTAL	4 780 285	12 278 317	2,57	0,21	122,96	0,025

Considerando as informações atuais e os parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar, a nova cava ótima selecionada apresentou um quantitativo de material mineralizado lavrável na ordem de 3Mt @0,57% Cu Eq, totalizando 52kt de concentrado @27% Cu Eq (aproximadamente 21,6 milhões de libras de cobre e 1,75 milhões de libras de cobalto) e uma REM superior a 4:1.

A revisão do projeto Conceitual resultou em indicadores econômicos melhores, alcançando um Valor Presente Líquido (VPL) de US\$3M (WACC @8%), Taxa Interna de Retorno (TIR) de 13,7%, Retorno Sobre o Investimento (ROI) de 121% e *Payback* de 4 anos, resultado, porém, ainda pouco atrativo em termos financeiros (Tabela SE_3).

Tabela SE_3							
Fluxo de Caixa Simplificado Estudo Conceitual Revisado							
Descrição	0	1	2	3	4	5	6
Total Lavrado (kt)	1 496,8	2 760,4	2 066,8	2 189,3	2 151,1	2 138,5	2 034,4
ROM	48,7	418,5	477,0	449,5	500,0	483,4	500,0
Estéril	1 448,1	2 341,9	1 589,8	1 739,8	1 651,1	1 655,0	1 534,4
Produto (kt)	2,9	7,9	10,4	10,5	8,0	6,4	6,0
Receita Bruta (US\$ mi)	4,8	13,0	17,3	17,4	13,2	10,6	10,0
OPEX (US\$ mi)	(3,2)	(7,4)	(6,3)	(6,4)	(6,6)	(6,5)	(6,3)
Lavra terceirizada	(3,0)	(5,5)	(4,1)	(4,4)	(4,3)	(4,3)	(4,1)
Processo	(0,2)	(1,9)	(2,1)	(2,0)	(2,3)	(2,2)	(2,3)
EBITDA (US\$ mi)	1,6	5,6	11,0	11,0	6,6	4,2	3,7
Depreciação (US\$ mi)	-	(2,5)	(2,5)	(2,5)	(2,5)	(2,5)	(2,5)
EBIT (US\$ mi)	1,6	3,1	8,5	8,5	4,2	1,7	1,2
PIS-COFINS (9,25% Receita Bruta) (US\$ mi)	(0,4)	(1,2)	(1,6)	(1,6)	(1,2)	(1,0)	(0,9)
IRPJ (15% sobre R\$ 0.24 mi/ano do EBIT)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)
AIR (10% sobre Exc R\$ 0.24 mi/ano do EBIT)	(0,1)	(0,3)	(0,8)	(0,8)	(0,4)	(0,1)	(0,1)
CSLL (9% sobre EBIT)	(0,1)	(0,3)	(0,8)	(0,8)	(0,4)	(0,2)	(0,1)
CFEM (2% da Rec Bruta) (R\$ mi)	(0,1)	(0,2)	(0,3)	(0,3)	(0,2)	(0,2)	(0,2)
Receita Líquida (US\$ mi)	0,7	1,1	5,0	4,9	1,9	0,2	(0,2)
Depreciação (US\$ mi)	-	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Lucro Líquido (US\$ mi)	0,7	3,6	7,5	7,4	4,4	2,7	2,3
CAPEX (US\$ mi)	(19,8)	-	-	-	-	-	-
Mina Pátio	(0,8)	-	-	-	-	-	-
Usina	(14,9)	-	-	-	-	-	-
Pilha de Estéril	(0,8)	-	-	-	-	-	-
Barragem de Rejeito	(3,3)	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa (US\$ mi)	(19,0)	3,6	7,5	7,4	4,4	2,7	2,3
Fluxo de Caixa Acumulado (US\$ mi)	(19,0)	(15,5)	(8,0)	(0,6)	3,8	6,4	8,8

Desta forma, a GE21 conclui que o Projeto Cobre Bom Jardim não está maduro suficiente para ser implantado devido ao seu atual quadro de recursos e as suas condições técnicas e econômicas. Entende-se que o projeto ainda se encontra em um estágio de transição de nível de *Desktop Study* para a Pré-Viabilidade Econômica. Neste sentido, os estudos conceituais efetuados indicam para o projeto neste estágio um valor de ativo em torno de US\$3 milhões, assumindo-se uma variação de $\pm 50\%$.

Por outro lado, tendo em vista a potencialidade ainda em aberto do projeto, entende-se de que o mesmo pode tornar-se um alvo de exploração de interesse. Neste sentido, a GE21 recomenda que o projeto seja oferecido como um prospecto de exploração para desenvolvimento em duas Fases, sendo a primeira de pesquisa complementar com um investimento mínimo inicial e com opção de desistência, e, a segunda, em caso de resultados positivos, para implantação de um empreendimento mineral.

Etapa 03 – Sugestão de Licitação

Na etapa 03 dos trabalhos, após reunião com a equipe da CPRM, avançou-se sobre a sugestão de licitação do projeto com inclusão de pesquisa complementar mínima. A GE21 recomenda um programa de pesquisa mínimo no prazo inicial de 18 (dezoito) meses, envolvendo a revisão e complementação de dados de mapeamento geológico e modelamento dos dados disponíveis, o seu detalhamento através de geoquímica de solo multi-elementar e geofísica,

principalmente IP, além de um programa complementar de sondagem estimado em um mínimo de 2.6500 metros lineares, envolvendo cerca de 1.400m de sondagem de detalhamento de secções e cerca de 1.250m de sondagem exploratória nas potenciais extensões. O orçamento da pesquisa complementar mínimo é estimado em R\$2,2 milhões. Com este investimento inicial, o potencial interessado deverá tomar uma decisão de continuidade ou não e apresentar um relatório de atualização dos recursos.

Considerando o nível de risco associado ao desenvolvimento do projeto, recomenda-se o formato de licitação através de arrendamento dos possíveis direitos de lavra futuros por meio de pagamento de *royalty* e pagamento de prêmio de oportunidade.

Prêmios

Recomenda-se que os valores dos prêmios sejam balizados com base no investimento em pesquisa realizada pela CPRM, considerando-se o valor referente à sondagem, cujo valor atualizado é estimado em aproximadamente R\$2 milhões.

A GE21, para maior flexibilidade da CPRM, sugere 2 (duas) opções de pagamentos do prêmio, uma primeira considerando 50% do valor da estimativa do total investido e uma segunda considerando o valor total. Ambas opções podem ser ajustadas com as variações no *royalty*.

Tabela SE_4			
Sugestão de Valores do Prêmio e Pagamento			
Pagamento	Evento	Valor Sugerido R\$ mil	
		Opção I	Opção II
Sinal	Assinatura de Opção de Arrendamento	R\$50	R\$50
Após 18 meses	Decisão de Continuidade de Investimento e Finalização de Pesquisa Mínima Complementar	R\$300	R\$750
Após 36 meses	Após o prazo de 36 meses com entrega de Relatório de Reavaliação de Reservas	R\$650	R\$1.200
	Total de premio	R\$1.000	R\$2.000

Royalty

O *royalty* é aqui definido como a quantia a ser paga à CPRM, em moeda corrente nacional, pelo arrendamento do direito minerário do Projeto Bom Jardim. O *royalty* é expresso em percentual do valor bruto de vendas, seja cobre ou seus metais associados.

Para balizar um valor justo de *royalty* face ao estágio do Projeto, a GE21 realizou duas avaliações econômicas utilizando como base o fluxo de caixa gerado pelo estudo econômico conceitual (Tabela 4.9.1_1):

- (1) **Avaliação sobre o peso do *royalty* em relação ao potencial retorno líquido** - A avaliação do peso do *royalty* sobre o potencial retorno líquido do Projeto (Tabela SE_5), com variação de 0,5 a 2% indicou variação entre 5 a 20% de participação no fluxo de caixa líquido. Nesse

sentido, considerando o nível de risco ainda elevado do Projeto, a GE21 entende que, a princípio, o valor de 1% de *royalty* sobre o valor das vendas representa um balizador de um percentual aceitável e razoável para ser usado como referência pela CPRM, já que resultaria em algo próximo a 10% de participação no resultado líquido.

Tabela SE_5				
Avaliação do Peso do Royalty em relação ao Retorno Líquido				
Royalty (%)	0,50	1,00	1,50	2,00
Valor Receita (US\$ mi)	0,4315	0,863	1,2945	1,726
Equivalente % Sobre Lucro Líquido	4,8%	9,7%	14,5%	19,4%

- (2) **Avaliação referente ao peso no VPL pelo método DCF (Fluxo de Caixa Descontado) sendo definida a taxa de desconto (WACC) de acordo com a classe de risco atual do empreendimento** – Uma estimativa detalhada da Taxa de Desconto baseado nos riscos do Projeto Bom Jardim, usando conceitos internacionais (Tabelas 8.2.2.1 e 8.2.2_2), resultou em uma taxa de 12,63 % ao ano. A aplicação desta taxa de risco no fluxo de caixa do projeto conceitual, por sua vez, indicou um *royalty* na ordem de 0,4% equivalente (Tabela SE_6).

Tabela SE_6				
Variação de Taxa de Desconto, de VPL e os seu Royalty equivalente estimados com base na análise financeira do Projeto Conceitual				
	VPL	Receita Bruta US\$ mi	Royalty Equivalente %	Classificação da Taxa de Risco
VPL (WACC = 13%)	0,34	86,3	0,4%	12,63%
VPL (WACC = 12%)	0,84	86,3	1,0%	
VPL (WACC = 11%)	1,36	86,3	1,6%	
VPL (WACC = 10%)	1,89	86,3	2,2%	
VPL (WACC = 9%)	2,45	86,3	2,8%	
VPL (WACC = 8%)	3,04	86,3	3,5%	

Considerando as duas opções de pagamento de prêmio (Tabela 8.1_1), e a avaliação de um Royalty compatível com o risco do projeto, tendo o projeto conceitual como referência, a GE21 recomenda um Royalty na ordem de 0,4% a 1% sobre a Receita Bruta, e um Prêmio em 2 (duas) parcelas entre R\$ 1 e 2 milhões.

A Tabela SE_7 sumariza o modelo de negócio com base em licitação recomendado pela GE21

Tabela SE_7

Evolução do Prêmio Total em Função do Royalty

Royalty		Prêmio			Total		
%	R\$ mi	de R\$ mi até		de R\$ mi até			
0.4	1.10	1.00	a	2.00	2.10	a	3.10
0.5	1.38	1.00	a	2.00	2.38	a	3.38
0.6	1.66	1.00	a	2.00	2.66	a	3.66
0.7	1.93	1.00	a	2.00	2.93	a	3.93
0.8	2.21	1.00	a	2.00	3.21	a	4.21
0.9	2.49	1.00	a	2.00	3.49	a	4.49
1	2.76	1.00	a	2.00	3.76	a	4.76
1.1	3.04	1.00	a	2.00	4.04	a	5.04
1.2	3.31	1.00	a	2.00	4.31	a	5.31
1.3	3.59	1.00	a	2.00	4.59	a	5.59
1.4	3.87	1.00	a	2.00	4.87	a	5.87
1.5	4.14	1.00	a	2.00	5.14	a	6.14
1.6	4.42	1.00	a	2.00	5.42	a	6.42
1.7	4.69	1.00	a	2.00	5.69	a	6.69
1.8	4.97	1.00	a	2.00	5.97	a	6.97
1.9	5.25	1.00	a	2.00	6.25	a	7.25
2	5.52	1.00	a	2.00	6.52	a	7.52
2.1	5.80	1.00	a	2.00	6.80	a	7.80
2.2	6.08	1.00	a	2.00	7.08	a	8.08

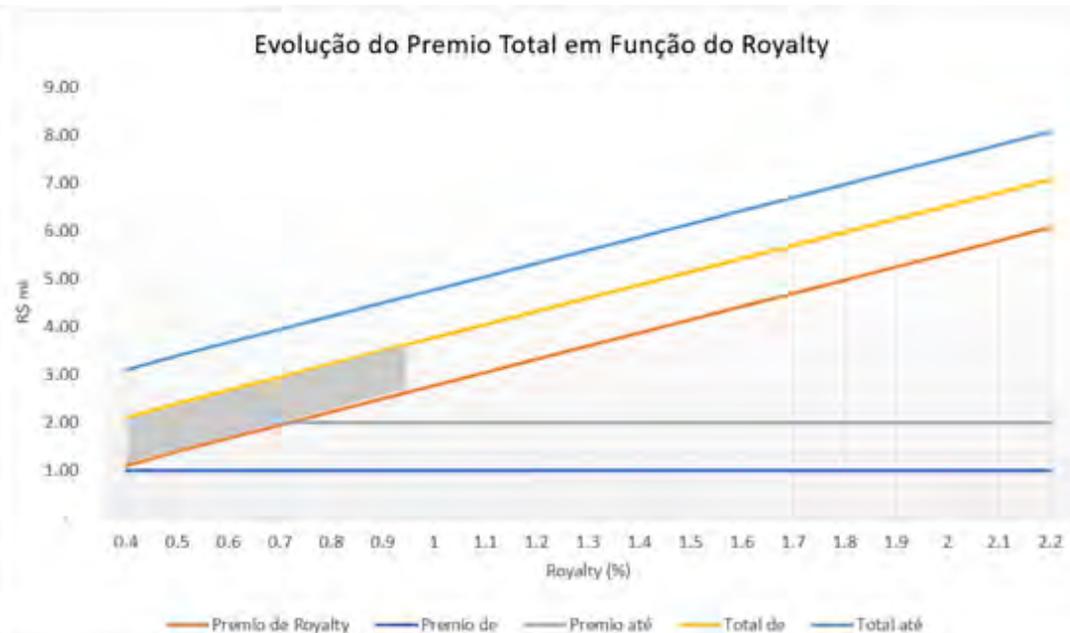


Tabela- com base na Receita Bruta Total de US\$ 86,30; 1 US\$ - R\$ 3,2

* A GE21 recomenda um Royalty na ordem de 0,4 a 1% sobre a Receita Bruta, e um Prêmio em 2 (duas) parcelas entre R\$ 1 e 2 milhões**

Recomenda-se, também, caso o interessado requeira novas áreas localizadas na vizinhança do atual projeto, a uma distância de até 5km do centroide atual do Alvo01 do Projeto Bom Jardim, que essas áreas sejam consideradas parte também do acordo com a CPRM.

Ressalte-se que essa recomendação refere-se apenas a Novas Áreas Requeridas em data após o acordo com o vencedor da licitação. Possíveis áreas que o futuro parceiro possa negociar com terceiros naturalmente não entrariam no acordo.

1 INTRODUÇÃO

A GE21 foi contratada pela CPRM para trabalhos de serviços técnicos especializados para elaboração de avaliação econômica do Projeto Cobre de Bom Jardim, conforme Processo nº 081/DEAMP/2017, Contrato No 061/PR/17. O escopo inicial considerou a realização de uma modelagem econômica para definir parâmetros adequados e valores justos de negociação do depósito, visando identificar possíveis gargalos econômicos que sejam merecedores de atenção dos investidores futuros além de para indicar a possibilidade de se desenvolver operações mineiras economicamente atrativas e sustentáveis.

O Projeto Cobre Bom Jardim foi pesquisado pela CPRM na década de 1970, sendo que seus dados foram resgatados pela atual equipe da CPRM em 2016, a partir de relatórios, boletins analíticos e outros documentos, resultando em um banco de dados de projeto e uma nova estimativa de recursos minerais.

O Projeto Cobre Bom Jardim hoje é representado por um processo de titularidade da CPRM (DNPM nº 812.488/1974), com área total de 1.000ha, local onde os trabalhos de pesquisa regionais realizados na época delimitaram o Alvo 01, foco de detalhamento por campanha de sondagem.

A CPRM apresentou o relatório final de pesquisa positivo para o DNPM no dia 18/07/1979, sendo o mesmo aprovado no dia 24/07/1980. Na época, a CPRM detinha outras áreas vizinhas ao processo em questão, sendo estas descartadas no passado. A GE21 não teve acesso à cópia dos processos em questão e, por não ser seu escopo, não realizou nenhuma verificação ou validação documental.

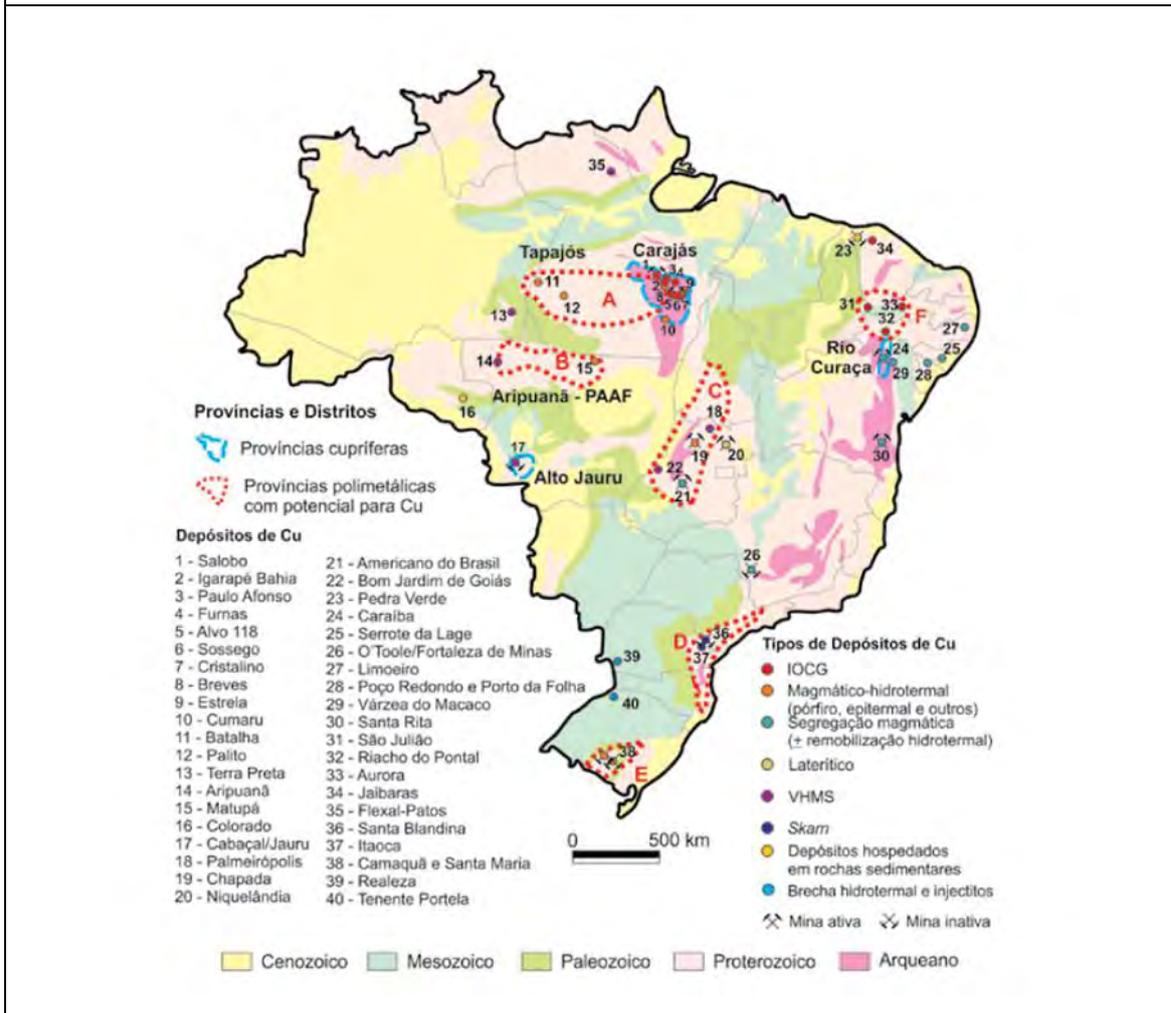
A região do depósito de Bom Jardim (Figura 1_1) está geologicamente inserida na porção oriental da Província Tocantins, pertencente à borda oeste do Arco Magmático de Arenópolis, porção sul do Arco Magmático de Goiás (PIMENTEL; FUCK, 1992). Nesta região, ocorrem sequências metavulcanossedimentares constituídas por rochas metavulcânicas com subvulcânicas associadas, de composição variando de basaltos toleíticos a riolitos, que sofreram metamorfismo em fácies xisto-verde e anfíbolito.

A mineralização ocorre nos metatufos da Formação Córrego da Aldeia do Grupo Bom Jardim de Goiás e está associada a um sistema de *stockwork* com concentrações variáveis de sulfetos, alcançando, localmente, níveis maciços.

O trabalho de modelagem geológica e estimativa de recursos minerais desenvolvido pela CPRM sugere relação com um depósito de origem vulcanogênica, embora que a discussão também ainda esteja aberta para relação com modelos epitermais e pórfiros.

Figura 1_1

Mapa do Brasil mostrando a distribuição dos principais depósitos e minas de cobre do país (Fonte: DARDENNE; SCHOBENHAUS, 2003; MISI et al., 2012, modificado)



O trabalho da GE21 foi realizado entre os dias 19 de outubro e 12 de dezembro de 2017, seguindo as 3 etapas (produtos) definidas pelo edital de referência.

O Produto 01 considerou um relatório de custos operacionais e de capital para utilização na avaliação econômica do Projeto com execução de um estudo de mercado e estudo conceitual de viabilidade econômica dos recursos minerais do Projeto Bom Jardim apresentados pela CPRM. Estes dados foram entregues e consolidados em reunião na sede da GE21 em Belo Horizonte no dia 09 de novembro de 2017.

O Produto 02, emitido em seguida, considerou uma avaliação expedita dos dados geológicos-prospectivos visando tanto o potencial de exploração do projeto quanto a realização de uma revisão do estudo conceitual de viabilidade econômica e definição dos parâmetros básicos de sugestão para licitação. Este produto foi entregue e consolidado em reunião realizada na sede da GE21 em Belo Horizonte no dia 23 de novembro de 2017.

O presente relatório representa o Relatório Final de Projeto (Produto 03), conforme Item 4.5.1.3 das Especificações Técnicas, Anexo I do edital de referência e apresenta, além dos

resultados finais consolidados, uma recomendação de formato mais adequado e coerente para futura licitação do projeto, considerando uma discussão de pesquisa complementar mínima, possíveis prêmios e avaliação de opções de negócio.

2 PROJETO CONCEITUAL

A GE21 executou um estudo de mercado e uma avaliação conceitual de viabilidade econômica do Projeto Cobre Bom Jardim a partir dos dados apresentados pela CPRM e recebidos pela GE21 na reunião *kick-off* do projeto.

2.1 Estudo de Mercado

Esta seção analisa as condições atuais e perspectivas do mercado de cobre, visando prover subsídios para os estudos de avaliação econômica da Jazida de cobre de Bom Jardim.

A análise abordará a estrutura do mercado, nacional e internacional, padrão de concorrência, perspectivas de oferta e demanda, e projeções de preços para os diferentes produtos que integram a cadeia produtiva do cobre. Por fim, a análise tratará da formação de preços dos produtos de Bom Jardim, incluindo custo de logística para acessar os mercados potenciais. Inicialmente é necessário situar o Projeto Bom Jardim na cadeia produtiva do cobre, que apresenta certa complexidade. A contextualização do Projeto na cadeia produtiva é fundamental para avaliar o mercado potencial, padrão de concorrência e formação de preços.

O processo de extração do cobre envolve várias etapas, desde a produção de concentrado de cobre (tipicamente 30% Cu) nas minas até a produção do cobre refinado (99,99% Cu), também conhecido como cobre primário. A rota convencional de produção de cobre refinado, conhecida como pirometalúrgica, transforma o concentrado em matte de cobre (60% Cu), seguido da conversão deste em cobre blister (90% Cu), na forma de placa de anodo, até o seu refino eletrolítico, chegando-se ao cobre eletrolítico refinado.

Existem outras duas rotas de produção denominadas de SX/EW (*Solvent extraction – Electrowinning*) e Hidrometalurgia. O processo SX/EW utiliza a lixiviação ácida de minério oxidado sem necessidade de fundição ou refino eletrolítico. O catodo de cobre, também conhecido como cobre SX/EW, ou cobre grau electrowon, tem pureza superior a 99,9% e é de amplo uso na cadeia produtiva. A tecnologia SX/EW responde, atualmente, por um quarto da produção de cobre no mundo. O processo hidrometalúrgico constitui uma alternativa à pirometalurgia no tratamento de concentrados sulfetados. Esse processo está sendo utilizado na Usina Hidrometalúrgica de Carajás (UHC), implantada pela Vale em 2008 em Carajás.

O Projeto Bom Jardim é de pequeno porte, não justificando a análise de viabilidade de desenvolvimento de planta de produção de cobre primário, associado a mina. As plantas de produção de cobre primário são capital intensiva, requerendo alta escala de produção para viabilização, tipicamente acima de 100.000 t/ano. O processo hidrometalúrgico, também, requer escalas de produção significativas, análogas as das plantas pirometalúrgicas.

Verifica-se, portanto, que o Projeto Bom Jardim será limitado a produção de concentrado de cobre, a ser comercializado no mercado nacional ou internacional em função das condições de mercado.

O cobre é uma *commodity* e, por definição, tem os preços definidos em função das condições de oferta e demanda mundial. O preço do cobre é definido por três bolsas (mercados) localizadas ao redor do mundo:

- *The London Metal Exchange* (LME).
- *Shanghai Futures Exchange* (SHFE).
- *Commodity Exchange Inc* (COMEX), que integra a *New York Mercantile Exchange* (NYMEX).

Cada bolsa tem o seu estoque de metal transacionado, e cotação específica, cabendo destacar que a LME tem o maior estoque entre as três bolsas citadas. Cabe observar que a cotação do cobre nas bolsas refere-se ao catodo de cobre (99.99% Cu), e que as cotações de concentrado de cobre dependem de condições dos mercados locais/regionais, de oferta de concentrado pelas minas e demanda pelos smelters.

Esta análise abordará, portanto, os possíveis cenários de preço do cobre no mercado internacional, e as condições do mercado de concentrado de cobre, principalmente no Brasil. As próximas seções abordarão a indústria mundial de cobre, incluindo perspectivas a médio prazo, o mercado nacional, projeções de preço e formação de preço do concentrado de cobre no Brasil.

2.1.1 Indústria Mundial do Cobre: Situação Atual e Perspectivas

O cobre é empregado em uma enorme gama de aplicações nos mais diferentes setores, mas alguns setores respondem pela maior parte do consumo: indústria elétrica e eletrônica, engenharia industrial, construção civil, e transporte. Cabendo destacar que a construção civil e indústria eletro-eletrônica respondem por mais de 60% do consumo mundial do metal. O padrão de consumo do cobre, em seus diferentes usos finais, varia de país para país em função do estágio de desenvolvimento, da maturidade econômica e do impacto do setor exportador na economia de cada um deles.

A análise das perspectivas do mercado do cobre requer, portanto, uma análise a nível mundial, considerando diversos fatores, como disponibilidade de reservas, projeções da produção mineral e demanda para os diferentes produtos nas diferentes regiões. O texto a seguir apresentará um breve resumo dos principais fatores que influenciam o mercado, incluindo reservas mundiais, produção e capacidade das minas, consumo mundial de concentrado e cobre refinado, e por fim análise do mercado específico para a produção de Bom Jardim, bem como projeções de preço.

2.1.2 Recursos e Reservas

De acordo com o USGS, 2017, os recursos totais de cobre estariam na ordem de 2.1 bilhões de toneladas, com os depósitos do tipo pórfiro respondendo por aproximadamente 1.8

bilhão de toneladas. A mesma referência estima as reservas mundiais de cobre na ordem de 720 milhões de toneladas de metal contido, distribuídas por inúmeros países. No entanto, 3 países (Chile, Peru e Austrália) respondem pela metade das reservas mundiais, com o Chile detendo na ordem de 30% das reservas mundiais.

País	Reservas	Participação
	1.000 mt	%
Estados Unidos	35,000	5%
Austrália	89,000	12%
Canadá	11,000	2%
Chile	210,000	29%
China	28,000	4%
Rep. Dem. Congo	20,000	3%
México	46,000	6%
Peru	81,000	11%
Rússia	30,000	4%
Zâmbia	20,000	3%
Outros	150,000	21%
Mundo (aproximado)	720,000	

Fonte: USGS 2017.

As reservas lavráveis de cobre no Brasil, ano de 2014, foram estimadas em 10,84 milhões de toneladas de Cu contido, com queda de 3,3% em relação a 2013. O estado do Pará detém aproximadamente 82% da reserva nacional, seguido de Goiás, Alagoas e Bahia. A tabela abaixo apresenta as estimativas de reserva e produção brasileiras no ano de 2014, em comparação a outros países, mostrando que o Brasil respondia, na época, a aproximadamente 1,4% das reservas mundiais.

Discriminação	Reservas (1) (10 ³ t)		Produção (2) (10 ³ t)	
	Países	2014	2013 (r)	2014 (p)
Brasil	10.844	270,9	301,2	1,6
Chile	209.000	5.780,0	5.800,0	31,0
Peru	68.000	1.380,0	1.400,0	7,5
Estados Unidos da América	35.000	1.250,0	1.370,0	7,3
China	30.000	1.600,0	1.620,0	8,7
Austrália	93.000	990,0	1.000,0	5,3
Outros países	257.156	6.994,1	7.222,8	38,6
TOTAL	703.000	18.265,0	18.714,0	100,0

Fonte: DNPM, 2015.

2.1.3 Produção Mineral

A produção mundial de cobre pela mineração, (concentrado de cobre mais catodo de cobre SX/EW), evoluiu de 8.9 milhões de toneladas em 1990 para 20.8 milhões de toneladas em 2016, um crescimento de 133% em um período de 25 anos, conforme detalhado na tabela abaixo.

Tabela 2.1.3_1
Produção de Cobre (mineração)

	1980	1990	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2016
	(1000 toneladas)									%
Produção Minas	(1.000 mt)									
Chile	1,068	1,588	4,602	5,321	5,419	5,776	5,761	5,772	5,553	27%
Peru	367	318	553	1,010	1,247	1,376	1,378	1,701	2,354	11%
China	177	296	549	639	1,180	1,681	1,741	1,667	1,851	9%
Estados Unidos	1,181	1,587	1,440	1,157	1,129	1,279	1,383	1,410	1,431	7%
Rep. Dem. Congo	460	356	33	98	378	817	996	1,039	1,024	5%
Cazaquistão	n/a	n/a	433	436	404	538	501	566	984	5%
Austrália	244	327	832	930	870	921	966	996	948	5%
México	175	291	365	391	270	480	527	608	766	4%
Rússia	n/a	n/a	580	805	703	725	740	740	740	4%
Zâmbia	596	496	249	441	732	752	756	725	738	4%
Canadá	716	794	634	595	522	653	673	715	708	3%
Indonésia	59	169	1,006	1,064	871	494	366	580	696	3%
Polónia	343	370	454	523	425	429	421	426	425	2%
Outros	n/a	n/a	1,486	1,625	1,988	2,241	2,385	2,505	2,620	13%
Mundo	7,864	8,997	13,217	15,035	16,139	18,162	18,593	19,450	20,837	

Fonte: World Bank, 2017 - World Bureau of Metal Statistics (September 2017 update).

Por ser uma indústria capital intensiva, a mineração de cobre se caracteriza pela expressiva participação de sete grandes grupos de mineração globalizados (Codelco, BHP-Billiton, Rio Tinto, Anglo American, Freeport McMoRan, Xtrata Plc e Grupo México), que juntos detêm o controle de mais de 55% da produção mundial. Este seleto grupo de empresas mineradoras, entre as quais a Codelco é a única corporação de capital estatal, tem como estratégia de negócio ser parcialmente integrado a jusante na cadeia produtiva do cobre (smelters). Assim, além de controlar significativa parcela da produção mundial de cobre eletrolítico, esse grupo atua fortemente no mercado de concentrado de cobre de “mercado”, i.e., aquele concentrado destinado a fundições/refinarias não integradas ou parcialmente integradas.

A América do Sul destaca-se como líder na mineração de cobre mundial, em decorrência da participação do Chile e Peru, que respondem por aproximadamente 38% da produção mundial. Em seguida, cabe mencionar a China e a Austrália que passaram a ter posição de destaque no cenário mundial. A América do Norte, Zaire e Zâmbia vêm perdendo participação relativa devido a diversos fatores como diminuição das reservas de alto teor e perda de competitividade da indústria de mineração local em relação a outros países, principalmente o Chile.

A expansão da produção mineral e capacidade das fundições/refinarias na China mudou de certa forma este quadro. Atualmente a China responde por 11% da produção mineral de cobre e 36% da produção de cobre refinado, como ilustrado na tabela abaixo.

Tabela 2.1.3_2
Produção de Cobre Refinado

	1980	1990	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2016
	(1000 toneladas)									
	%									
Produção Cobre Refinado	(1.000 mt)									
China	314	562	1,312	2,566	4,540	6,667	7,649	7,964	8,436	36%
Chile	811	1,192	2,669	2,824	3,244	2,755	2,729	2,688	2,613	11%
Japão	1,014	1,008	1,437	1,395	1,549	1,468	1,554	1,483	1,553	7%
Estados Unidos	1,686	2,017	1,802	1,257	1,093	1,040	1,095	1,141	1,221	5%
Rússia	n/a	n/a	824	968	900	875	894	876	867	4%
Índia	23	39	265	518	647	619	764	792	768	3%
Rep. Dem. Congo	144	173	29	3	254	643	742	793	707	3%
Alemanha	425	533	709	639	704	667	673	678	672	3%
Coreia	79	187	471	527	556	604	604	604	607	3%
Polônia	357	346	486	560	547	565	577	574	536	2%
Austrália	182	274	484	471	424	457	511	475	478	2%
México	102	152	399	387	247	350	398	446	474	2%
Brasil	39	157	185	197	222	234	240	354	444	2%
Outros	n/a	n/a	3,690	4,324	4,285	4,009	4,039	4,165	3,945	17%
Mundo	9,390	10,809	14,761	16,635	19,214	20,953	22,469	23,032	23,321	

Fonte: World Bank, 2017 - World Bureau of Metal Statistics (September 2017 update).

A mudança de estrutura de mercado, com aumento de participação da China, teve repercussões significativas no mercado de concentrado de cobre, que sofre oscilações devido a desequilíbrios ocasionais entre a produção das minas e a demanda dos smelters. O fluxo do comércio internacional de concentrado e catodo de cobre SX/EW se caracteriza pelo movimento de exportação da América do Sul principalmente para a Ásia. O Chile é de longe o maior exportador mundial de concentrado, e em segundo lugar, vem o Peru. Pelo lado das importações, cabe ressaltar que a China isoladamente já responde por aproximadamente 1/4 das importações mundiais.

A produção nacional de cobre refinado (primária mais secundária), sob forma de catodo, atingiu em 2014 um total de 236.685t, significando um decréscimo de 9,6% frente a 2013, tendo como destaque a empresa Paranapanema (Caraíba Metais), que respondeu por cerca de 95% da produção de cobre refinado no país. A produção interna de semimanufaturados (laminados e extrudados/trefilados) foi estimada, também em 2014, em 130 mil toneladas de produtos de cobre, incluindo barras, laminados, tubos, conexões e arames.

2.1.4 Consumo Mundial

De acordo com o Banco Mundial, o consumo mundial de cobre atingiu 23 milhões de toneladas em 2016, apresentando um crescimento da ordem de 130% no período de 26 anos, partindo de um patamar de 9,8 milhões em 1990.

A tabela abaixo mostra a evolução do consumo mundial, no período de 1980 a 2016. Cabe observar que a crise econômica mundial, iniciada em 2008 não alterou a tendência de crescimento acelerado da demanda de cobre no mundo. Outro aspecto que chama a atenção é o crescimento da participação relativa da China, que era da ordem de 3% em 1980 e atingiu 50% do consumo mundial em 2016. A participação brasileira mudou pouco no período, variando de 2,4% em 1980 para aproximadamente 2% em 2016.

Tabela 2.1.4_1
Consumo de Cobre Refinado

	1980	1990	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2016
	(1000 toneladas)									
Consumo Cobre Refinado	(1.000 mt)									
China	286	512	1,869	3,621	7,385	9,830	11,303	11,353	11,642	50%
Estados Unidos	1,868	2,150	2,979	2,264	1,760	1,826	1,767	1,796	1,811	8%
Alemanha	870	1,028	1,309	1,115	1,312	1,123	1,162	1,219	1,243	5%
Japão	1,158	1,577	1,351	1,229	1,060	996	1,072	997	973	4%
Coreia	85	324	862	868	856	722	759	705	759	3%
Italia	388	475	674	680	619	552	625	613	596	3%
Brasil	246	129	329	332	460	395	384	434	511	2%
Taiwan	85	265	628	638	532	437	465	471	507	2%
India	77	135	246	397	514	423	434	491	499	2%
<i>Outros</i>	<i>4,322</i>	<i>4,186</i>	<i>4,848</i>	<i>5,504</i>	<i>4,848</i>	<i>4,828</i>	<i>4,778</i>	<i>4,814</i>	<i>4,881</i>	<i>21%</i>
Mundo	9,385	10,780	15,096	16,649	19,347	21,133	22,750	22,893	23,423	

Fonte: World Bank, 2017 - World Bureau of Metal Statistics (September 2017 update).

O quadro mundial apresentou crescimento econômico baixo, com aumento de oferta e fraca demanda pelo metal, sobretudo da China, com depressão do seu preço. No cenário interno, houve crise econômica, câmbio desvalorizado, aumento de juros e indefinição do marco legal mineral. O mercado foi afetado também por interrupção, manutenção ou mudanças tecnológicas de processos em unidades de produção. O setor industrial brasileiro do cobre, incluindo o de concentrado, o de refinado, o de semimanufaturados e o de condutores elétricos, apresentou em 2014, segundo estimativas da área, faturamento de US\$14,60 bilhões, com geração de US\$2,40 bilhões em impostos, divisas de US\$2,55 bilhões em exportações, crédito de R\$90 milhões em CFEM e 23,10 mil postos diretos de trabalho.

2.1.5 Mercado Brasileiro

O consumo de cobre metálico no Brasil, em 2014, foi estimado em 390 mil toneladas (DNPM 2015), e está diretamente relacionado à fabricação de condutores elétricos, semimanufaturados e outros produtos de cobre. Cabe registrar que houve uma queda da demanda de 7,9% em relação ao consumo de 2013, provavelmente em função da crise econômica. O consumo per capita brasileiro apresentou, em 2014, um índice de 2,1kg/hab.. No mesmo período, o Brasil importou 496.331 toneladas de bens primários de minério e/ou concentrado de cobre, equivalentes a 148.403t em metal contido, e exportou um total de 855.527 t de bens primários de cobre, equivalente a 239.548t de cobre contido.

O mercado interno é abastecido, principalmente, pela Caraíba Metais (catodos, vergalhões e fios trefilados) e por importações sob diversas formas, principalmente catodo.

A única produtora de cobre primário, refinado por eletrólise no Brasil é a Caraíba Metais, cuja planta pirometalúrgica tem capacidade nominal de 270.000 toneladas por ano. A Caraíba Metais está localizada no Polo Industrial de Camaçari, Estado da Bahia e utiliza concentrados de cobre das minas nacionais, (localizadas nos estados da Bahia, Pará e Goiás), bem como concentrados importados do Chile e de outros países. A Caraíba Metais destina sua produção tanto para o mercado interno quanto para o externo. Verifica-se, portanto, que mercado

de cobre no Brasil está claramente integrado ao mercado internacional, com importação e exportação de concentrado de cobre na forma de catodo e produtos acabados.

A produção de catodo de cobre SX/EW no Brasil é obtida em uma planta hidrometalúrgica de 4.500 toneladas por ano de catodo a partir de minério oxidado, implantada pela Mineração Caraíba S/A em Jaguarari, Estado da Bahia. O Brasil conta também com uma usina hidrometalúrgica em Canaã dos Carajás, Estado do Pará, pertencente à Vale.

O balanço de produção-consumo de cobre metálico no Brasil foi avaliado por um estudo do MME publicado em 2009, que continua válido para avaliação de macro-tendências, pois no período não ocorreram mudanças significativas da capacidade de produção. As tabelas apresentadas a seguir ilustram as projeções do consumo de cobre no Brasil, horizonte de 2030, considerando três cenários denominados de Frágil, Vigoroso e Inovador. Segundo o referido estudo, em 2030 o consumo poderá variar de 590.000 a 1.000.000 de toneladas de cobre e o consumo per capita brasileiro atingiria o nível de 4,6kg/hab (Cenário Inovador), equivalendo a 75% do consumo per capita Norte-Americano de 2008.

Tabela 2.1.5_1
Balanço ProduçãoxConsumo de Cobre Metálico - Cenário Frágil (Toneladas De Cobre)

Ano	Produção de cobre projetada			Consumo aparente	Saldo Importação ou Expansão da produção ou excedente exportável		Cobre primário requerido*
	Primário	secundário	total				
2008 ^P	225.440	25.000	250.440	409.200	158.760	0	127.008
2009	210.000	42.000	252.000	446.421	194.421	0	155.537
2010	240.000	48.000	288.000	472.555	184.555	0	147.644
2015	270.000	54.000	324.000	492.222	168.222	0	134.578
2020	270.000	54.000	324.000	530.295	206.295	0	165.036
2025	270.000	54.000	324.000	563.792	239.792	0	191.834
2030	270.000	54.000	324.000	597.677	273.677	0	218.942

Fonte: MME 2009.

Tabela 2.1.5_2
Balanço ProduçãoxConsumo de Cobre Metálico - Cenário Vigoroso (Toneladas de cobre)

Ano	Produção de cobre projetada			Consumo aparente	Saldo Importação ou expansão da produção ou excedente exportável		Cobre primário requerido*
	Primário	secundário	total				
2008 ^P	225.440	25.000	250.440	409.200	158.760	0	127.008
2009	210.000	42.000	252.000	449.479	197.479	0	157.983
2010	240.000	48.000	288.000	477.420	189.420	0	151.536
2015	270.000	54.000	324.000	516.360	192.360	0	153.888
2020	270.000	54.000	324.000	586.224	262.224	0	209.779
2025	270.000	54.000	324.000	674.980	350.980	0	280.784
2030	270.000	54.000	324.000	779.367	455.367	0	364.294

Fonte: MME 2009.

Tabela 2.1.5_3
Balço ProduçãoxConsumo de Cobre Metálico - Cenário Inovador (Toneladas de cobre)

Ano	Produção de cobre projetada			Consumo aparente	Saldo Importação Ou expansão excedente da produção exportável		Cobre primário requerido*
	Primário	secundário	total				
2008	225.440	25.000	250.440	409.200	158.760	0	127.008
2009	210.000	42.000	252.000	452.016	200.016	0	160.013
2010	240.000	48.000	288.000	481.468	193.468	0	154.774
2015	270.000	54.000	324.000	537.150	213.150	0	170.520
2020	270.000	54.000	324.000	641.306	317.306	0	253.845
2025	270.000	54.000	324.000	797.972	473.972	0	379.178
2030	270.000	54.000	324.000	1.001.147	677.147	0	541.718

Fonte: MME 2009

2.1.6 Oferta Local de Concentrado de Cobre

A produção brasileira de concentrado de cobre alcançou em 2014 um total de 301.197t em metal contido, registrando um aumento de 11,2% frente à de 2013, distribuída entre os estados do Pará, com 69,3% do total, Goiás, com 22,2%, e Bahia, com 8,5%, tendo como principais produtoras as empresas Vale, Salobo Metais, Mineração Maracá e Mineração Caraíba, e, como menores, a Votorantim Metais Níquel e a Serabi. De forma geral, a produção de concentrado supera um pouco o montante de cobre primário produzido no Brasil, ordem de 270.000t/ano, o que poderia indicar um pequeno excedente de produção no mercado brasileiro.

No entanto, o Brasil apresenta uma característica singular, com grande parte do concentrado produzido nas minas sendo processado pela rota hidrometalúrgica, além de uma pequena parcela pela rota EX/EW. A Usina Hidrometalúrgica de Carajás (UHC), implantada pela Vale nas proximidades da mina de Sossego, Canaã dos Carajás, processa parte do concentrado sulfetado de cobre, produzindo catodo de cobre com pureza de 99,99% Cu. Além disso, a logística da região de Carajás favorece a exportação do concentrado, e não a venda no mercado local. A mineração Caraíba, Estado da Bahia, tem uma planta de processamento SX/EW junto às instalações da mina, com capacidade de produção para processar a produção própria de concentrado.

A Mineração Maracá, (subsidiária da Yamana Gold Inc.), localizada no Estado de Goiás é a única grande produtora que se restringe a produção de concentrado de cobre, operando com capacidade de 65 mil t/ano de Cu contido. A Mineração Maracá dista aproximadamente 1.550km da planta da Caraíba Metais. Distancia equivalente à do porto mais próximo, tornando a Caraíba Metais como consumidor final natural da produção. Verifica-se, portanto, que o suprimento da Caraíba Metais é feito em grande parte por concentrado importado, e que o suprimento local é feito principalmente pela Mineração Maracá.

Os novos projetos, em fase de desenvolvimento ou comissionamento, que possam entrar em produção a médio prazo não alteram a estrutura do mercado de concentrado de cobre no Brasil. Os principais projetos estão localizados na região de Carajás, com vocação para exportação, ou estão integrados a usinas de processamento hidrometalúrgico. Dentre estes, cabe destaque:

- Salobo Metais (Vale), Marabá, PA: mineração e concentração de cobre, com capacidade prevista de 200 mil t de cobre contido em 2015;
- Corpo 118 (Vale), Carajás, PA: mineração e refino de cobre por SX-EW, produção programada de 38 mil t/ano de catodo de cobre;
- Cristalino (Vale), Carajás, PA: produção de 100 mil t/ano de Cu contido de concentrado;
- Alemão (Vale), Parauapebas, PA: produção de 80 mil t/ano de Cu contido de concentrado;
- Boa Esperança (Mineração Caraíba), Tucumã, PA: operação de 30 mil t/ano de Cu contido de concentrado;
- Caraíba / Surubim / Angico (Mineração Caraíba), Jaguarari / Curaçá, BA: integração de minas, beneficiamentos e da metalurgia de minério oxidado, podendo atingir até 90 mil t/ano de cobre contido;
- Vermelhos (Mineração Caraíba), Juazeiro, Ba, capacidade de produção de 30 mil t/ano de Cu contido de concentrado;
- Serrote Da Laje (Vale Verde/Aura Minerals), Craíbas/Arapiraca, AL: mineração e concentração de cobre, com previsão para produção de 40 mil t/ano de Cu contido.

Por fim, cabe mencionar a Mina Antas, aberta em 2016 pela Avanco Resources, na região de Carajás, a 25km de Parauapebas. A referida mina deverá atingir produção de 14.000 ton de cobre contido em 2017, e tem vocação para exportação do concentrado, devido condições de logística. O projeto chama atenção, pois sinaliza a viabilidade de abertura de minas de menor porte no país.

Em resumo, o Brasil consome atualmente na ordem de 300.000t de cobre contido na forma de concentrado, utilizados quase que integralmente pela Caraíba Metais. O principal fornecedor doméstico é a Mineração Maracá, com capacidade para atender 20% da demanda interna de concentrado. Dentre os novos projetos, somente dois tem vocação para suprir a Caraíbas Metais: Vermelhos e Serrote da Laje. No entanto, a produção prevista dos mesmos fica na ordem de 70 mil t/ano de Cu contido, pouco mais de 20% da demanda interna.

Por conseguinte, conclui-se que a Caraíba Metais continuará a utilizar concentrado importado, a médio prazo, e que a produção de Bom Jardim poderá ser integralmente vendida para a referida empresa.

2.2 Estudo Econômico Conceitual

2.2.1 Dados Recebidos

Para a realização deste trabalho a GE21 recebeu da CPRM as seguintes informações:

- Banco de dados de sondagem;
- Topografia local;
- Sólidos dos corpos mineralizados;
- Modelo de blocos;
- Limite do DNPM 812.488/1974;
- Relatório de Reavaliação do Patrimônio Mineral – Bom Jardim/GO.

2.2.2 Recurso Mineral Considerado

A GE21 recebeu da CPRM o modelo de blocos estimado pela CPRM. O modelo continha, além de informações de litologia, teor de Cu% e densidade, o qual foi considerado, sem validação pela GE21, para o Estudo de Cava Final.

O modelo de blocos gerado pela CPRM no *software* Datamine e exportado em formato *.csv pela CRPM foi importado pela GE21 para um modelo de blocos em formato Geovia Surpac com as definições apresentadas na Tabela 2.2.2_1.

Tabela 2.2.2_1			
Dimensões do Modelo de Blocos			
	X	Y	Z
Coordenadas Mínimas	377 645.0	8 183 910.0	360.0
Coordenadas Máximas	378 513.8	8 185 335.0	800.0
Tamanho do Bloco	6.25	6.25	1.25
Tamanho do Sub-bloco	6.25	6.25	1.25
Rotação	0	0	0

Para validação do arquivo recebido, a GE21, após a importação para o Geovia Surpac, realizou um estudo (Tabela 2.2.2_2).

Tabela 2.2.2_2						
Comparativo dos Recursos Minerais						
Modelo de Blocos	Volume	Massa	Cu	Densidade	Cu Contido	
	m ³	t	%	t/m ³	t	lb x 10 ⁶
CPRM	1 712 841	4 434 637	0,44	2,59	19 284	42,50
GE21	1 730 127	4 478 479	0,43	2,58	19 168	42,25
Comparativo	1,01%	0,99%	-2,73%	0,19%	-0,60%	-0,60%

2.2.3 Estimativa de Cava Final

A GE21 em seus projetos segue as orientações das melhores práticas preconizadas nos códigos de declaração de recursos e reservas internacionais, como JORC, NI 43-101 e CBRR.

Este projeto conceitual está apresentado em nível de “*Desktop Study*”¹. e, os parâmetros considerados foram baseados em projetos similares com adequação ao porte e características do Projeto Bom Jardim.

A GE21 realizou um estudo de otimização de cava visando conhecer o contorno de cava final através do *software* Geovia Whittle v4.7.1, utilizando os parâmetros técnico-econômicos apresentados na Tabela 2.2.3_1.

Tabela 2.2.3_1			
Parâmetros de Otimização de Cava			
Parâmetro	Unidade	Valor	Fonte
Preço de venda*	US\$/t concentrado	1561	GE21
Taxa de desconto	%	10	
Lavra	US\$/t mov.	2.0	GE21
Processo	US\$/t ROM	4.5	
Administração	US\$/t conc.	0.50	
Recurso		Inferido	CPRM
Densidade	g/cm ³	modelo	
Teores	%	modelo	
Dimensão dos blocos	Unidade	Valor	GE21
X	m	6.5	
Y		6.5	
Z		5	
Recup. Lavra	%	100	
Diluição		0	
Ângulo Geral	graus	50	CPRM
Recup. Metalúrgica	%	85	GE21
Concentrado de Cu	%	27	CPRM

*FOB Patio Produto

As dimensões dos blocos de lavra, recuperação e diluição na lavra foram assumidas para uma operação de lavra seletiva de pequeno porte, compatível com o depósito e espessura dos corpos mineralizados.

Os parâmetros econômicos foram estimados com base em uma produção de concentrado @27% Cu Eq entregue no pátio de estoque de produto. Dessa forma, foram deduzidos do preço de venda os custos de logística, fundição, tratamento e refino (EX Works Price). A Tabela 2.2.3_2 apresenta a memória de cálculo para estimar o preço do concentrado.

¹ Terminologia empregada para projetos conceituais baseado em informações preliminares existentes ou em projetos similares. Este tipo de estudo não é suficiente para determinar a viabilidade técnica e econômica do projeto, mas ajuda a determinar as potenciais dificuldades.

Tabela 2.2.3_2		
Preço EX Works		
Concentrado @27% Cu	Unidade	Valor
Preço Base	US\$/t Cu	6 500*
Concentrado @27% Cu	%	27.0%
Perda Fundição (4%)	%	96.0%
lb Cu em 1t Conc	lb/t Conc	571.28
(-) Fundição	US\$/t Conc	(65.00)
(-) Refino	US\$/lb Cu	(0.06)
Preço DAP² - Fundição	US\$/t Conc	1 586
(-) Frete Transporte	US\$/t Conc	(25.00)
(=) Preço EX-WORKS	US\$/t Conc	1 561

* Preço baseado no "World Bank Commodities Price Forecast" (Anexo 1)

A estimativa da geometria das cavas matemáticas utiliza uma metodologia de sequência ótima de *pushbacks*, que corresponde a incrementos na geometria da cava resultante da aplicação do algoritmo tridimensional de Lerchs & Grossmann repetidas vezes para diferentes valores dos blocos, que são obtidos ao variar o preço do produto por meio do uso de um fator de receita (*revenue factor*).

Essa sequência de expansões de cavas ou *pushbacks* é a base do planejamento de minas a céu aberto e corresponde aproximadamente à forma como a geometria da cava evolui com o tempo na rota maximizante. A sequência de cavas matemáticas foi obtida variando-se o fator de receita de 30% a 200% no preço de venda do produto. Para determinação da evolução das cavas no tempo foi estabelecida uma escala de produção anual de 500ktpa de ROM e a taxa de desconto anual considerada, nesta fase, foi de 10% para o cálculo dos fluxos de caixa descontados para cada cava.

O método de valoração dos blocos utilizado pelo Whittle é uma função benefício que busca estimar o valor econômico de um bloco, com base nos parâmetros apresentados na tabela anterior. Para um bloco classificado como estéril essa função recebe o valor do custo de extração, remoção e deposição. O bloco de minério recebe a diferença da soma de todas as receitas geradas com a venda dos produtos pela soma de todas as despesas de lavra, beneficiamento do minério e comercialização dos produtos.

A Função Benefício, que traduz o valor econômico do bloco de lavra é representada pelas equações a seguir:

Valor Econômico do Bloco de Minério: Receitas - Despesas:

Receitas: $massa\ do\ bloco\ (t) * recuperação\ da\ lavra * recuperação\ mássica\ do\ produto * Preço\ de\ venda\ do\ produto.$

Despesas: $(massa\ do\ bloco\ (t) * custo\ de\ lavra) + (massa\ do\ bloco\ (t) * recuperação\ da\ lavra * custo\ de\ processo) + (massa\ do\ bloco\ (t) * recuperação\ da\ lavra * recuperação\ mássica\ do\ produto * custo\ de\ venda).$

Valor Econômico do Bloco de Estéril: $massa\ do\ bloco\ (t) * Custo\ de\ lavra\ de\ estéril$

² DAP: sigla em inglês "Delivery At Place" utilizada no contexto transporte de mercadoria no qual a empresa de origem se responsabiliza pelo carregamento e frete até o destino.

O critério de seleção de cava final foi a cava matemática que maximiza o VPL. Os resultados do estudo e seleção de cava estão apresentados na Figura 2.2.3_1 e Tabela 2.2.3_3.

As Figuras 2.2.3_2 a 2.2.3_5 apresentam a cava matemática selecionada com vista em planta, em perspectiva e seções verticais, ilustrando o comportamento da cava em relação aos corpos mineralizados.

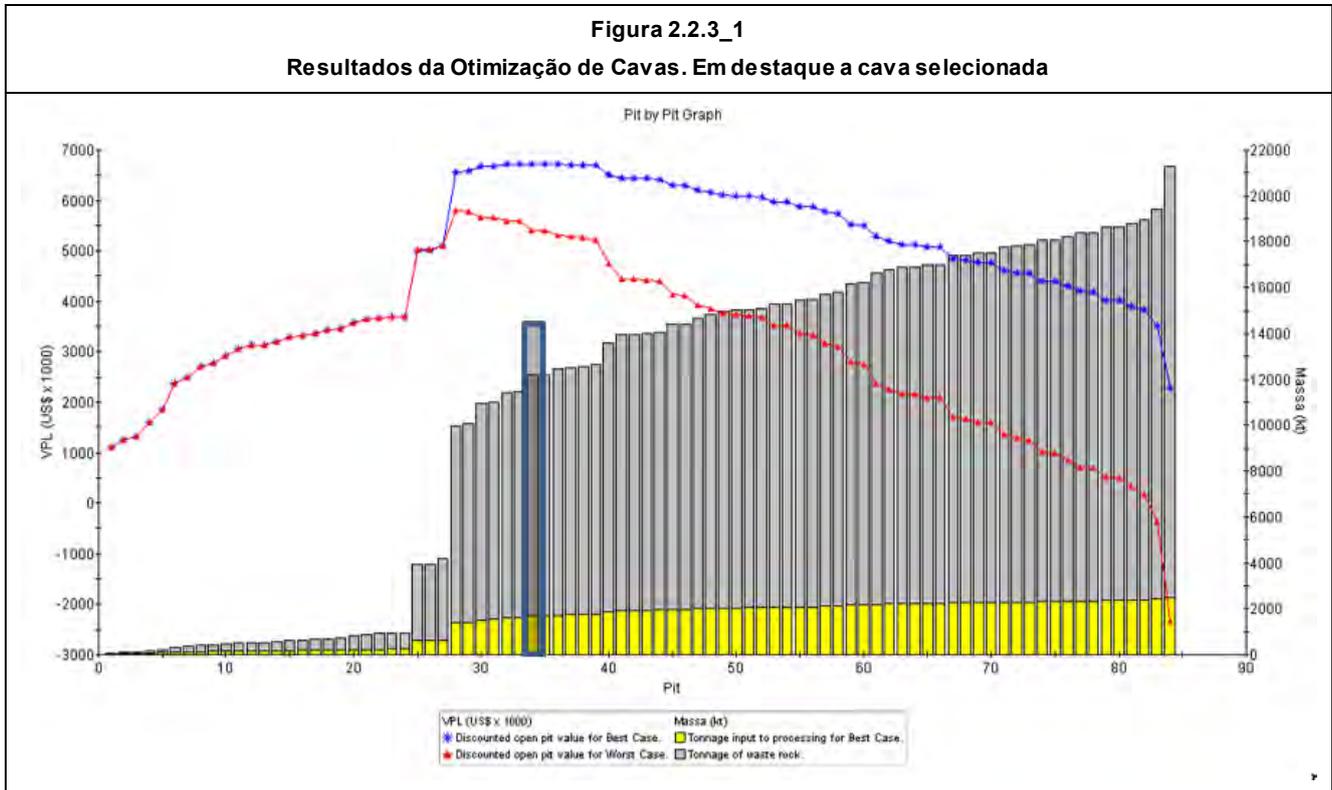
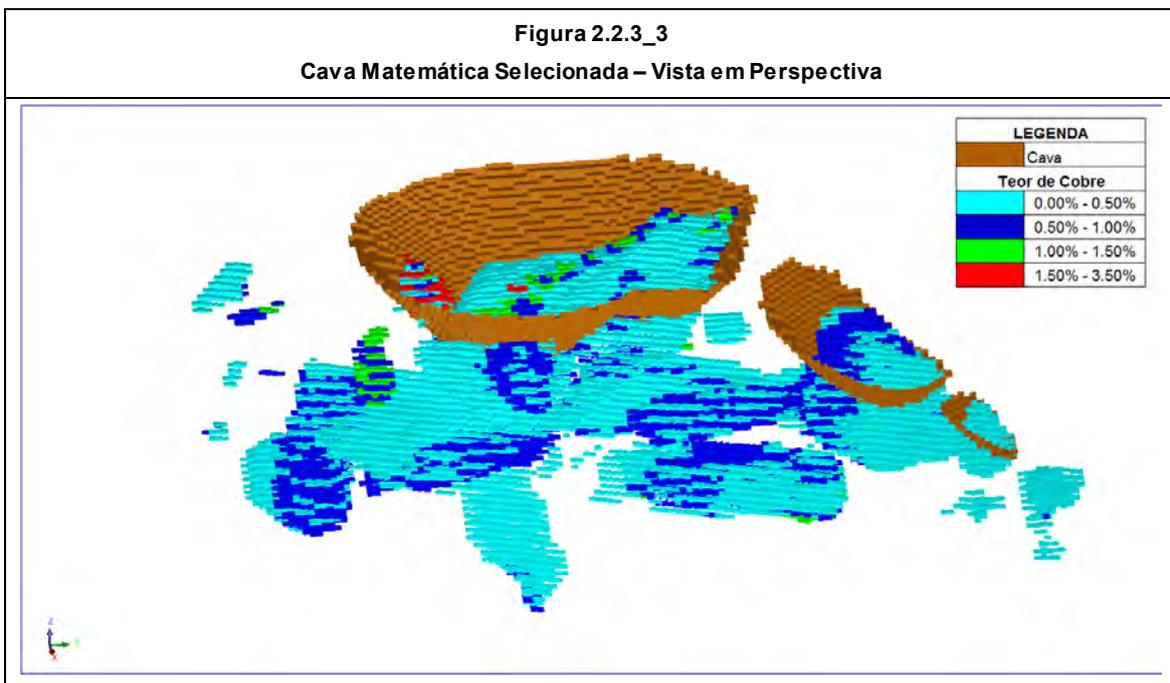
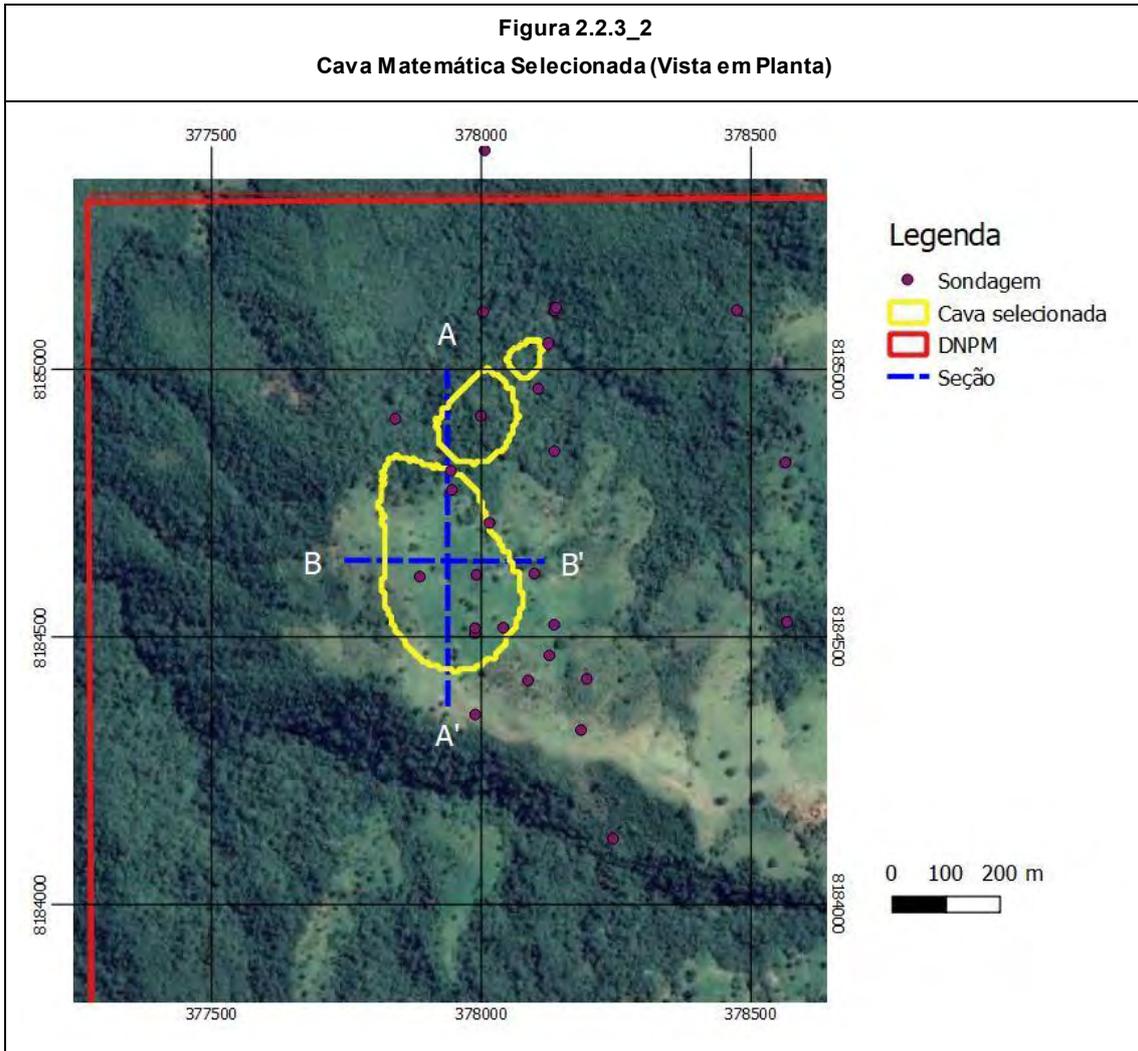


Tabela 2.2.3_3 Resultados da Otimização de Cavas									
Cava	Fator de Receita	Total	Minério	Estéril	REM**	Cu Contido		Conc	VPL*
		Mt			t/t	%	lb x 10 ⁶	kt	US\$ x 10 ⁶
1	0.30	0.07	0.04	0.03	0.82	0.70	0.61	0.9	1.10
5	0.38	0.19	0.08	0.11	1.45	0.67	1.14	1.6	1.86
10	0.48	0.46	0.15	0.32	2.17	0.64	2.06	2.9	2.92
15	0.58	0.62	0.18	0.44	2.44	0.62	2.44	3.5	3.30
20	0.68	0.81	0.22	0.59	2.76	0.59	2.82	4.0	3.56
25	0.82	3.94	0.60	3.34	5.59	0.55	7.23	10.3	5.01
30	0.92	10.94	1.52	9.41	6.18	0.49	16.59	23.7	6.67
34	1.00	12.16	1.69	10.47	6.19	0.49	18.08	25.8	6.73
40	1.12	13.57	1.87	11.70	6.25	0.47	19.55	27.9	6.52
45	1.22	14.40	1.98	12.42	6.26	0.47	20.41	29.1	6.30
50	1.32	15.01	2.04	12.97	6.36	0.47	20.91	29.9	6.09
55	1.42	15.46	2.09	13.37	6.39	0.46	21.30	30.4	5.88
60	1.52	16.21	2.16	14.05	6.51	0.46	21.83	31.2	5.50
65	1.62	16.98	2.23	14.75	6.62	0.46	22.36	31.9	5.08
70	1.72	17.50	2.28	15.23	6.69	0.45	22.72	32.4	4.77
75	1.82	18.08	2.32	15.76	6.78	0.45	23.04	32.9	4.40
80	1.92	18.66	2.37	16.29	6.87	0.45	23.39	33.4	4.01
84	2.00	21.27	2.50	18.78	7.52	0.45	24.69	35.3	2.28

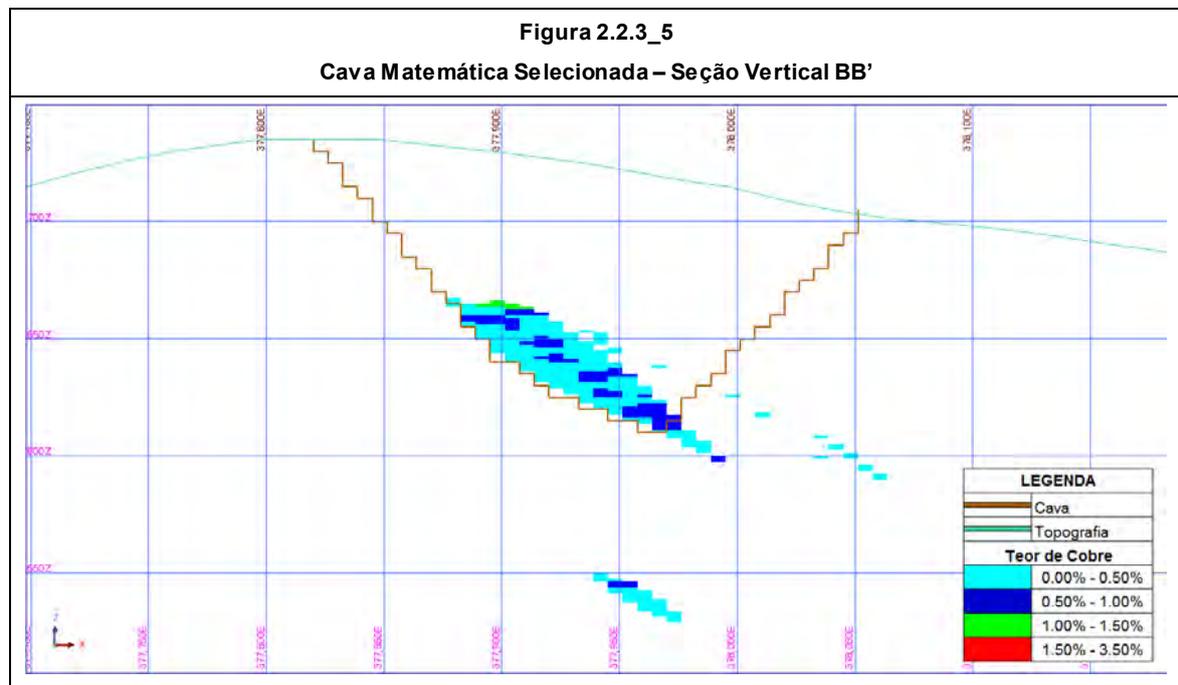
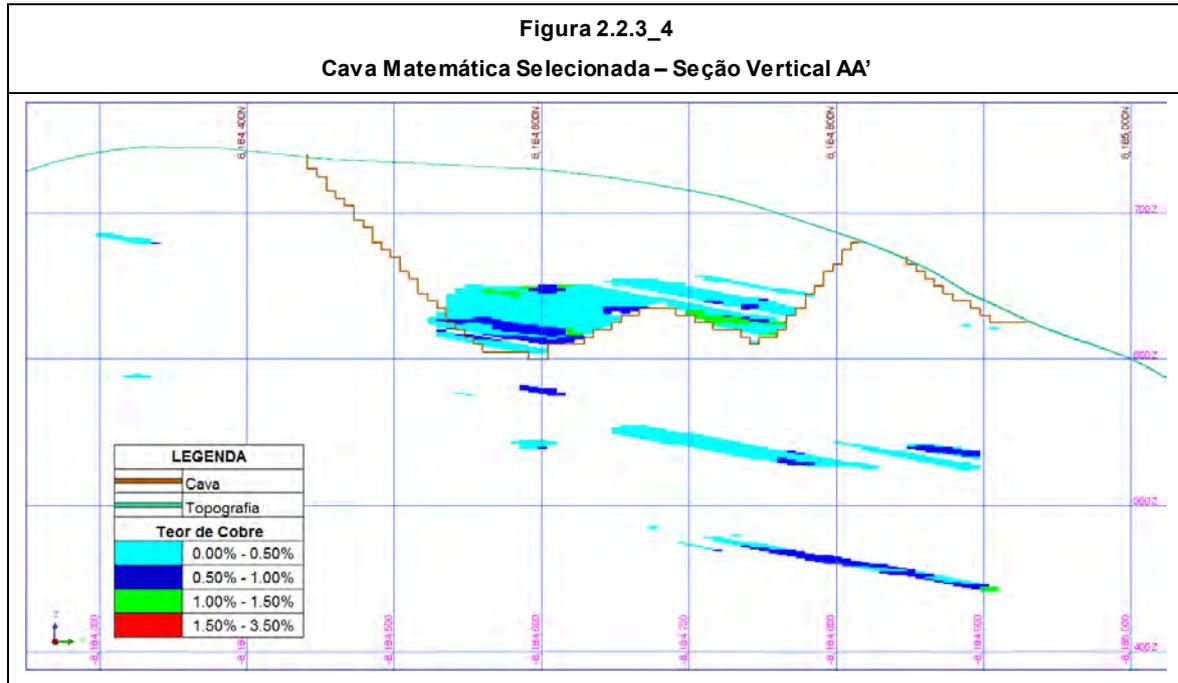
*Valores para fins meramente comparativos. Os valores de VPL apresentados não condizem com uma real valoração do empreendimento devido à simplificação de fatores técnico-econômicos (logística, planejamento de lavra, taxas, impostos etc).

**REM: Acrônimo de "Relação Estéril Minério", calculado pela divisão algébrica do quantitativo de material estéril sobre material mineralizado

Observa-se na cava ótima selecionada que a elevada relação de estéril/minério, o baixo teor de Cobre, e, ainda, a geometria sub-afiorante do depósito, inviabilizam o aproveitamento desse recurso, embora deve-se considerar que as informações geológicas disponíveis são insuficientes para a delimitação segura da distribuição e da geometria da mineralização.



A seção longitudinal em perspectiva da Figura 2.2.3_3 acima ressalta a interpretação geológica de comportamento sub-horizontal da geometria do depósito, o qual se estende por cerca de 800 a 1000m no sentido NS.



2.2.4 Resultados Obtidos

A partir das informações atuais e considerando parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar, a cava seleccionada apresentou um quantitativo de material mineralizado de 1.7Mt @0.49% Cu com um total de 26kt de concentrado @27% Cu (cerca de 18 milhões de libras de cobre contido) e uma REM superior a 6:1.

Mesmo considerando parâmetros otimistas, estes resultados não se mostram atrativos para um empreendimento mineiro, pois:

- A uma taxa de produção de 500ktpa, a vida da mina é inferior a 4 anos;
- Para um depósito com teor inferior a 1% Cu, a REM apresentada é muito elevada se comparada com outros projetos de produção de concentrado de cobre.

3 REAVALIAÇÃO EXPEDITA DO MODELO GEOLÓGICO

Considerando-se que os recursos oficiais atuais disponíveis do Projeto Bom Jardim não demonstram viabilidade econômica, a GE21 realizou uma reavaliação do modelo geológico com o objetivo de visualizar a ampliação do potencial de exploração do projeto, e, conseqüentemente, melhor mensurar a sua atratividade econômica.

Esta reavaliação considerou as seguintes questões:

- a) Atualização do modelo de blocos de Bom Jardim pela CPRM, com inclusão também dos valores < 0,2% Cu, além de potenciais subprodutos Cobalto e Ouro;
- b) Discussão da interpretação espacial da mineralização com base nos dados estruturais e geológicos de campo e de estudos variográficos dos dados geoquímicos;
- c) Verificação das potenciais aberturas e continuidade da mineralização *downdip* e segundo o *strike*;
- d) Avaliação expedita dos dados geoquímicos de ICP e potenciais subprodutos;
- e) Elaboração de projeto conceitual revisado.

3.1 Interpretação atual

Na interpretação atual, o corpo mineralizado foi modelado segundo orientação geral aproximada N15°W com caimento de 40° para Leste. Neste sentido, não foi observada relação da zona de cisalhamento ou da anomalia geoquímica com os limites dos corpos modelados.

Observa-se que, com esta interpretação, os corpos mineralizados apresentam característica sub-aflorante (Figura 3.1_1).

Figura 3.1_1
Seção 760S – CPRM – Reavaliação da Interpretação Geológica



O modelo foi preliminarmente construído e estimado considerando halos anômalos de Cu > 0,04%. A partir desse modelo de blocos, criaram-se *wireframes* somente em volta dos blocos com teor maior que 0,2% de cobre. Ressalta-se que o envoltório de Cu > 0,04% não constava no modelo de blocos final utilizado pela CPRM.

3.2 Avaliação de Dados e de Modelo

A análise da GE21 baseou-se na avaliação dos dados geológicos históricos (Relatório Final de Pesquisa (RFP), banco de dados de sondagem, dados de prospecção geofísica e geoquímica, mapas e seções geológicas) e o modelo de recursos.

Observou-se que a descrição da forma e distribuição da mineralização realizada no RFP apresentado indica que os níveis de sulfetos estão confinados a uma zona alongada na direção NNW-SSE, com caimento em torno de 70° para ESE. Esta orientação é similar ao da foliação metamórfica incipiente descrita nas rochas encaixantes (N-S a N20°W-S20°E com caimento de 60 a 80°/E a ENE). Representações dessas orientações foram observadas nos perfis e mapas apresentados no RFP (Figuras 3.2_1 e 3.2_4).

Foram observadas na época pela CPRM, nos logs de furos de sondagem, descrições de foliação paralela ao eixo de furos verticais e de foliação subvertical, o que corroboram para a descrição citada acima.

No dia 17/11/2017 realizou-se no galpão de testemunhos da CPRM em Caeté, MG, verificação expedita de alguns trechos de testemunhos, especificamente dos furos BJ14, BJ35, BJ33 e BJ17, com o objetivo de ter uma visão sobre a questão de controle das mineralizações de Cu (Figuras 3.2_2 e 3.2_3).

As observações dos testemunhos e os dados geológicos apresentados nos relatórios técnicos da CPRM e do trabalho de mestrado da geóloga Stella B. Guimarães, permitem levantar algumas considerações que indicam que as extensões das mineralizações ainda estão relativamente abertas lateralmente e em profundidade, e que possam também suportar uma configuração espacial com ângulo mergulho maior.

Neste sentido ressaltam-se:

- Existência de um processo com características em geral semelhantes a alterações comuns em VMS (1- silicificação, 2- colorização 3- vênulos com quartzo e Pi/ Cu/Co, 4 - Carbonato);
- Observa-se uma sequência de hidrotermalismo com inicialmente silicificação, depois vênulos de clorita, quartzo, e sulfetos mineralizados e finalmente carbonato; com possíveis recorrências;
- Boa correlação entre Cu e Co (Au);
- Existências de *ore-shoot* (Furo BJ14, 2,5m a 2,50% Cu, 0,2% Co, 0,26ppm Au, 0,03% Pb e 0,07% Mo; ou Cu equivalente de 4,68%), ou seja, zonas enriquecidas que evidenciam um processo geológico anômalo e fértil;
- Algumas indicações permitem interpretar o controle maior dos *ore shoots* por faturamento hidráulico seletivo envolvendo zonas de rochas mais ácidas, porosas e menos tufáceas, intercalado nos tufos, evoluindo de simples fraturas isoladas até zonas de *stockwork* (com sobreposição de fraturamento e venulações em zonas mais competentes);
- Processo de mineralização indica condições rúpteis (muito pouco dúctil);
- S0 em geral de alto ângulo;
- A sondagem realizada é insuficiente e o depósito pode ser considerado aberto em todos os sentidos N, NE, NW, S e *downdip*.

Todas essas observações justificariam uma fase inicial de retomada de pesquisa com foco em ampliação do conhecimento geológico buscando entender um possível zoneamento de alteração, um controle estrutural / estratigráfico, nova geoquímica de solo com multi-elementos, geofísica mais atualizada e profunda, entre outros, para depois realizar a sondagem complementar em uma Fase 1 de pesquisa complementar mínima.

Igualmente, observa-se uma zona cisalhada balizando a anomalia geoquímica de solo e a zona principal de mineralização no limite oeste da zona anômala em cobre, como indicada pelo mapa geológico de superfície.

Figura 3.2_1

Exemplo de ore shoot Cu Co Furo BJ14 e Mapa Geológico – CPRM com possível trend >0,4%

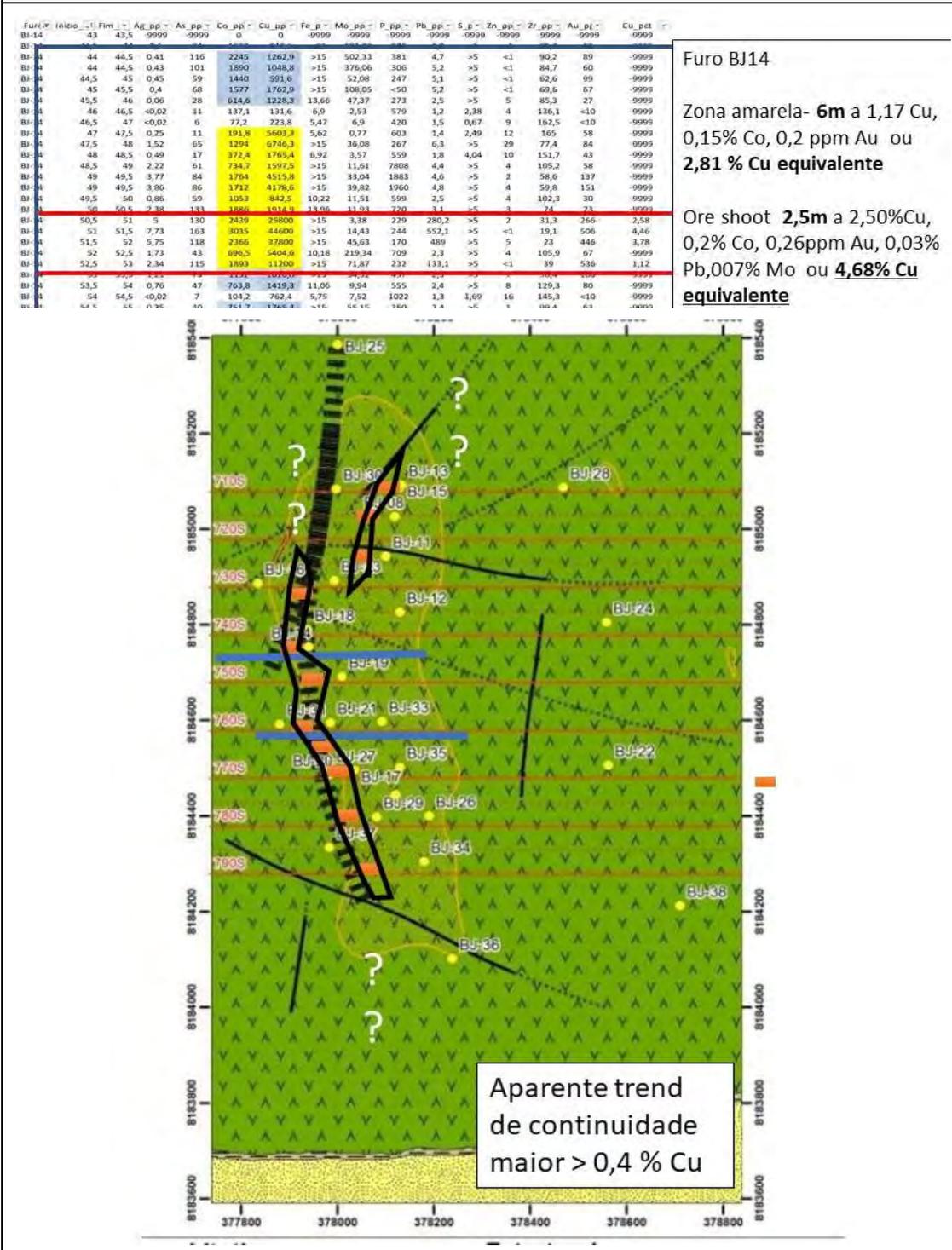


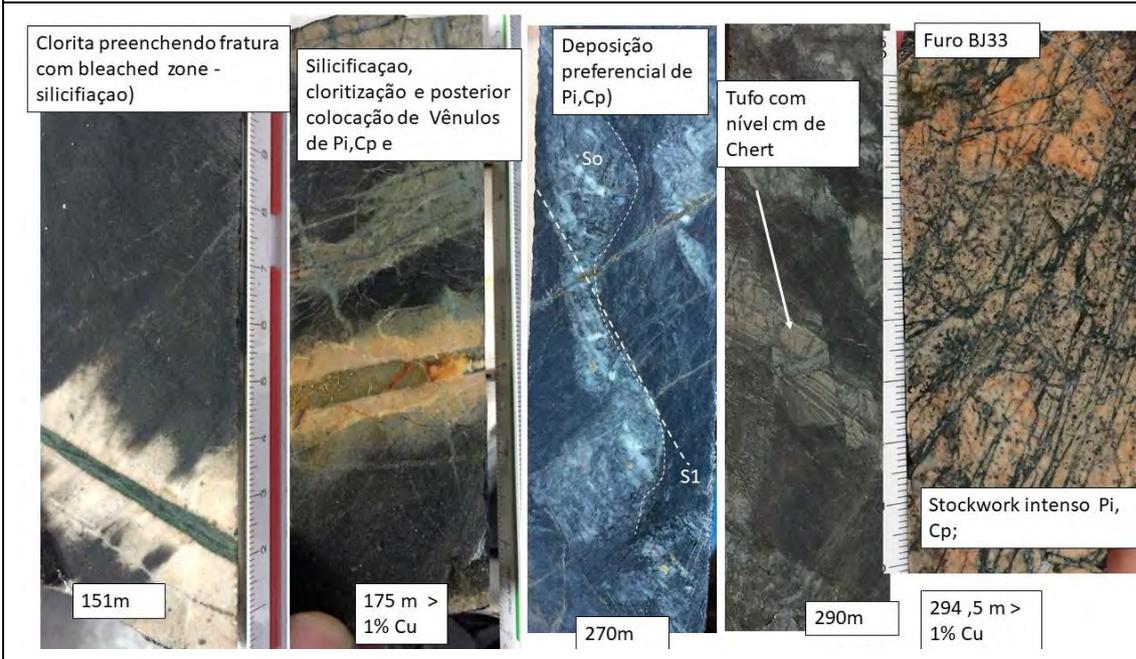
Figura 3.2_2

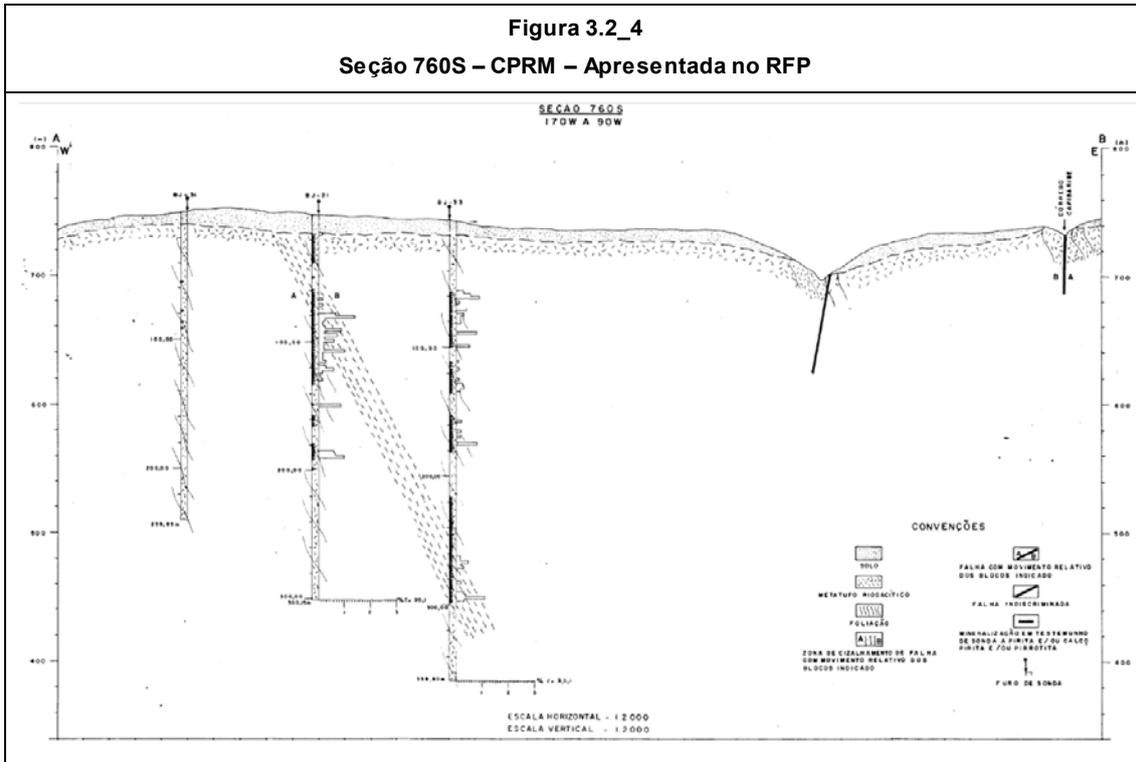
Exemplo de fraturamento seletivo no furo BJ14 (Furo vertical) e relação com S0



Figura 3.2_3

Feições de alteração e mineralização no furo BJ33 (Furo vertical) e relação com S0 e stockwork



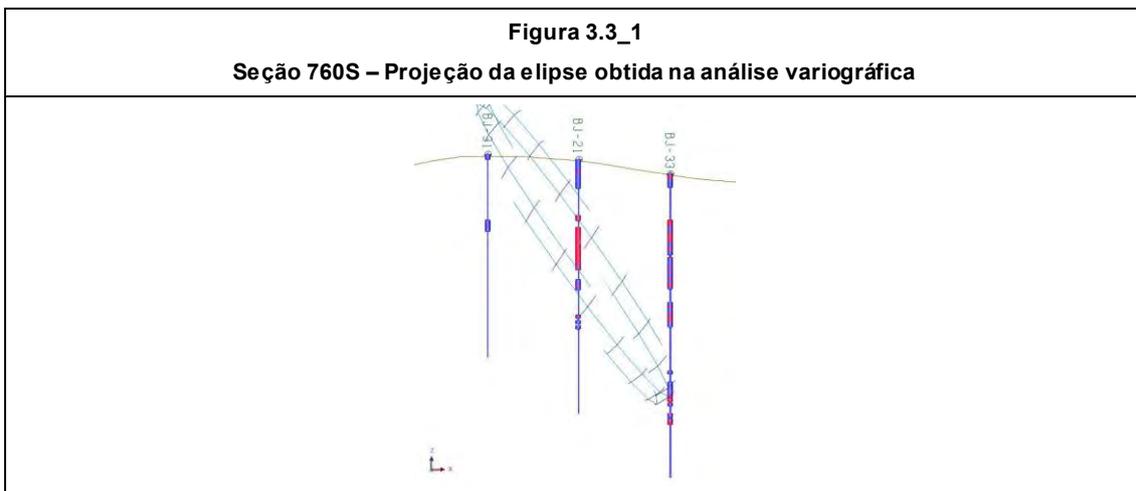


3.3 Análise Variográfica

Buscando uma forma de verificar uma tendência da mineralização, a GE21 realizou uma análise variográfica expedita, utilizando como dados de entrada os compósitos utilizados pela CPRM na estimativa dos recursos minerais. A análise partiu do princípio de validar a orientação da zona mineralizada interpretada a partir dos dados de pesquisa, conforme discutido no item 3.1 deste relatório.

A baixa quantidade de dados disponíveis não possibilitou a obtenção de variogramas robustos, porém possibilitaram a construção de uma elipse com orientação condizente com um modelo com mergulho de alto ângulo (aproximadamente 70°).

A Figura 3.3_1 apresenta a projeção da elipse na seção 760S.



Com essa interpretação, também seria possível uma correlação entre os furos e as zonas de mais alto teor. Nesse caso, observa-se a abertura da mineralização em profundidade.

A geometria da zona mineralizada, nesta interpretação de forma aflorante, também estaria em encontro com os limites da anomalia geoquímica delimitada em superfície a partir da geoquímica de solo.

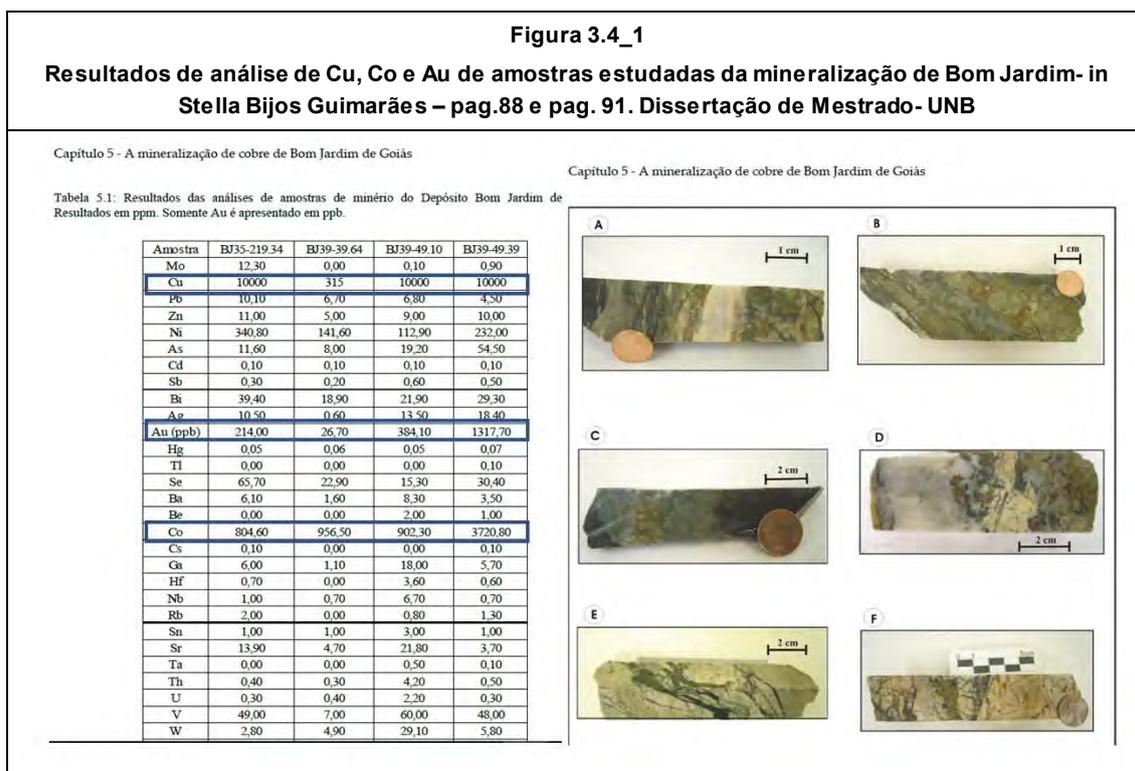
Do ponto de vista do potencial da área, o caráter aflorante dos corpos também diminuiria a relação Estéril/Minério do depósito.

3.4 Avaliação de Subprodutos

A avaliação dos dados de geoquímica do projeto (arquivo ASSAY_COMPLETA_BOM_JARDIM), quando observado o comportamento da mineralização de Cobre com valores, por exemplo, acima de 1000 ppm, evidencia, também, a presença de valores de Cobalto bastante anômalos, com distribuição relativamente errática, porém se aproximando de valores médios potencialmente econômicos. Isso é reforçado pela recente tendência de valorização do metal Cobalto em nível de mercado mundial.

Da mesma forma, os valores de ouro, embora em geral muito baixos, apresentam uma tendência de enriquecimento na zona de mineralização de Cobre.

Essa relação de Cobre, Cobalto e Ouro fica também ressaltada nos estudos acadêmicos (Figura 3.4_1), onde existem valores de até 0,37% Co e 1,3ppm Au.



Nesse sentido, considerando o atual estágio de pesquisa do prospecto, e a tendência de valorização dos metais de Cobalto e Ouro no mercado mundial, entende-se que os mesmos devem ser considerados como potenciais subprodutos.

4 REVISÃO DO PROJETO CONCEITUAL

4.1 Introdução

Em discussão dos resultados técnico-econômicos obtidos e apresentados pela GE21 na Etapa 01 deste estudo, a CPRM decidiu pela atualização do modelo de blocos de Bom Jardim, incluindo também os valores <0,2% Cu, além de Cobalto e Ouro.

A GE21 recebeu da CPRM esse novo modelo de blocos, o qual, juntamente com os outros demais arquivos já entregues e utilizados no estudo anterior, foi utilizado como nova base para uma revisão do projeto conceitual e de estudo de cava final.

4.2 Recurso Mineral

O modelo de blocos recebido em formato do *software* Datamine, foi importado pela GE21 para um modelo de blocos em formato Geovia Surpac com as definições apresentadas na Tabela 4.2_1.

	X	Y	Z
Coordenadas Mínimas	377 645,0	8 183 910,0	360,0
Coordenadas Máximas	378 513,8	8 185 335,0	800,0
Tamanho do Bloco	6,25	6,25	1,25
Tamanho do Sub-bloco	6,25	6,25	1,25
Rotação	0	0	0

Novamente, um estudo comparativo entre os modelos de blocos foi realizado visando a validação do processo de importação (Tabela 4.2_2).

Modelo de Blocos	Rock Type	Volume	Massa	Densidade	Cu	Co	Au
		m³	t	t/m³	%	ppm	ppm
CPRM	Hidr	1 498 415	3 790 156	2,53	0,05	48,52	0,009
	Med	1 550 272	3 974 665	2,56	0,11	88,80	0,013
	High	1 731 598	4 513 496	2,61	0,43	215,55	0,048
	Total	4 780 285	12 278 317	2,57	0,21	122,96	0,025
GE21	Hidr	1 382 861	3 490 746	2,53	0,05	48,51	0,009
	Med	1 713 623	4 409 796	2,58	0,10	89,39	0,013
	High	1 730 127	4 476 481	2,60	0,40	212,50	0,045
	Total	4 826 611	12 377 023	2,57	0,19	122,39	0,023
Diferença	Hidr	7,71%	7,90%	-0,02%	3,09%	0,01%	-4,55%
	Med	-10,54%	-10,95%	-0,63%	8,24%	-0,67%	3,54%
	High	0,08%	0,82%	0,25%	7,15%	1,41%	5,86%
	Total	-0,97%	-0,80%	-0,16%	7,24%	0,46%	4,66%

O atributo "Rock Type" foi definido pela CPRM como:

- Hidratado: material mineralizado com teores 0.04% Cu ≤ Hidr < 0.1% Cu;
- Med: material mineralizado com teores 0.1% Cu ≤ Med < 0.2% Cu;
- High: material mineralizado com teores 0.2% Cu ≤ High.

As diferenças são basicamente explicadas pela sub-blocagem de cada modelo de blocos e não são representativas, uma vez que os valores absolutos são muito baixos.

4.3 Estimativa de Cava Final

A GE21 em seus projetos segue as orientações das melhores práticas preconizadas nos códigos de declaração de recursos e reservas internacionais, como JORC, NI 43-101 e CBRR.

Este projeto conceitual está apresentado em nível de “*Desktop Study*”³ e, os parâmetros considerados foram baseados em projetos similares com adequação ao porte e características do Projeto Bom Jardim.

A GE21 realizou um novo estudo de otimização de cava no *software* Geovia Whittle v4.7.1 com base nos parâmetros técnico-econômicos apresentados na Tabela 4.3_1.

Tabela 4.3_1		
Parâmetros de Otimização de Cava		
Parâmetro	Unidade	Valor
Preço de venda*	US\$/t conc Cu **	1.561,00
	US\$/t conc Co	
Taxa de desconto	%	10
Lavra	US\$/t mov.	2,00
Processo	US\$/t ROM	4,50
Administração	US\$/t conc.	0,50
Recurso		Inferido
Densidade	g/cm ³	modelo
Teores	% Cu	modelo
	% Co	modelo
Dimensão dos blocos	Unidade	Valor
X	m	6,5
Y		6,5
Z		10,0
Recup. Lavra	%	100
Diluição		0
Ângulo Geral	graus	50
Recup. Metalúrgica	% Cu	85
	% Co	85
Concentrado de Cu	%	27

*FOB Patio Produto

**Cu Equivalente baseado nos preços de US\$ 6.500/t Cu e US\$ 55.750/t Co

A estimativa de longo prazo do preço do cobre, elaborado com base em documento do World Bank, está apresentado no Anexo 1, O preço de longo prazo do cobalto, estimado na ordem de US\$60.000/t Co foi baseado na curva de preços obtida no site do London Metal Exchange, o qual historicamente se apresentava abaixo de US\$ 30.000/t Co e este ano experimentou uma elevação expressiva, situando-se no início do quarto trimestre em com valor superior a US\$ 70.000/t Co.

³ Terminologia empregada para projetos conceituais baseado em informações preliminares existentes ou em projetos similares. Este tipo de estudo não é suficiente para determinar a viabilidade técnica e econômica do projeto, mas ajuda a determinar as potenciais dificuldades.

Os parâmetros econômicos foram estimados com base em uma produção de concentrado @27% Cu E entregue no pátio de estoque de produto. Dessa forma, foram deduzidos do preço de venda os custos de logística, fundição, tratamento e refino (*EX Works Prece*). A Tabela 4.3_2 apresenta a memória de cálculo para estimar o preço do concentrado.

Tabela 4.3_2		
Preço EX Works		
Concentrado @27% Cu	Unidade	Valor
Preço Base	US\$/t Cu	6 500*
Concentrado @27% Cu	%	27.0%
Perda Fundição (4%)	%	96.0%
lb Cu em 1t Conc	lb/t Conc	571.28
(-) Fundição	US\$/t Conc	(65.00)
(-) Refino	US\$/lb Cu	(0.06)
Preço DAP⁴ - Fundição	US\$/t Conc	1 586
(-) Frete Transporte	US\$/t Conc	(25.00)
(=) Preço EX-WORKS	US\$/t Conc	1 561

* Preço baseado no "World Bank Commodities Price Forecast" (Anexo 1)

As dimensões dos blocos de lavra, recuperação e diluição na lavra foram assumidas para uma operação de lavra seletiva de pequeno porte, compatível com o depósito e espessura dos corpos mineralizados.

As premissas técnico-econômicas adotadas pela GE21 foram baseadas em projetos de sua base de dados.

A Tabela 4.3_3 apresenta os projetos, que formaram a fonte de dos parâmetros técnicos e econômicos, nos quais a GE21 se baseou para a otimização de cava.

Tabela 4.3_3				
Projetos Base de Cálculo				
Parâmetro	Unidade	Projeto A	Projeto B	Projeto C
Período de Informação	Ano	2017	2014	2017
Preço de venda	US\$/lb	3,00	3,20	3,00
Custo Lavra	US\$/t mov	3,71	2,50	1,80
Custo Processo	US\$/t ROM	6,38	15,73	3,68
Custo Administração	US\$/t Conc	0,77	0,43	0,49
Recup. Metalúrgica	%	87,50	94,00	88,20

Os valores apresentados são uma compilação de projetos de cobre no Brasil que podem diferir do Projeto Bom Jardim nas seguintes características: tipo de mineralização, escala de produção, processamento mineral, distancia média de transporte mina-planta e temporalidade.

A metodologia utilizada para estabelecer os parâmetros técnico e econômicos para a otimização de cava considerou os custos apresentados acima, ponderados por fatores baseados na similaridade de cada projeto com as características de Bom Jardim.

⁴ DAP: sigla em inglês "Delivery At Place" utilizada no contexto transporte de mercadoria no qual a empresa de origem se responsabiliza pelo carregamento e frete até o destino.

[REDACTED]

[REDACTED]				
[REDACTED]				
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Metodologia de Otimização de Cavas

A estimativa da geometria das cavas ótimas utiliza uma metodologia de sequência ótima de pushbacks, que corresponde a incrementos na geometria da cava resultante da aplicação do algoritmo tridimensional de Lerchs & Grossmann repetidas vezes para diferentes valores dos blocos, que são obtidos ao variar o preço do produto por meio do uso de um fator de receita.

Essa sequência de expansões de cavas ou pushbacks é à base do planejamento de minas a céu aberto e corresponde aproximadamente à forma como a geometria da cava evolui com o tempo na rota maximizante. A sequência de cavas ótimas foi obtida variando-se o fator de receita de 30% a 200% no preço de venda do produto. Para determinação da evolução das cavas no tempo foi estabelecida uma escala de produção anual de 500ktpa de ROM.

O método de valoração dos blocos utilizado pelo Whittle é uma função benefício que busca estimar o valor econômico de um bloco, com base nos parâmetros apresentados na tabela

anterior. Para um bloco classificado como estéril essa função recebe o valor do custo de extração, remoção e deposição. O bloco de minério recebe a diferença da soma de todas as receitas geradas com a venda dos produtos pela soma de todas as despesas de lavra, beneficiamento do minério e comercialização dos produtos.

A Função Benefício, que traduz o valor econômico do bloco de lavra é representada pelas equações a seguir:

Valor Econômico do Bloco de Minério: Receitas - Despesas:

Receitas: $\text{massa do bloco (t)} * \text{recuperação da lavra} * \text{recuperação mássica do produto} * \text{Preço de venda do produto}$.

Despesas: $(\text{massa do bloco (t)} * \text{custo de lavra}) + (\text{massa do bloco (t)} * \text{recuperação da lavra} * \text{custo de processo}) + (\text{massa do bloco (t)} * \text{recuperação da lavra} * \text{recuperação mássica do produto} * \text{custo de venda})$.

Bloco de Estéril: $\text{massa do bloco (t)} * \text{Custo de lavra de estéril}$

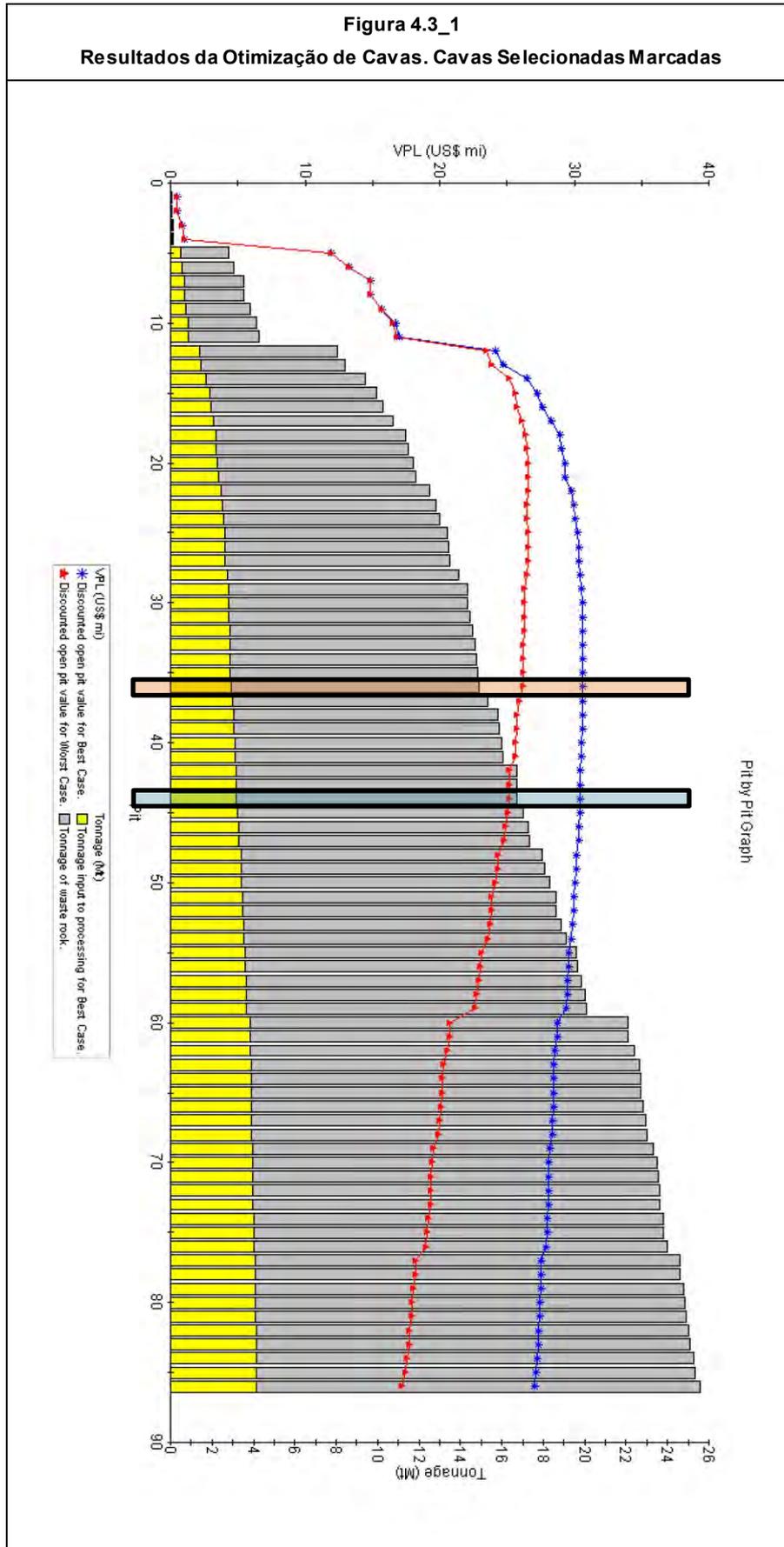
O critério de seleção de cava ótima final foi a cava matemática que maximiza o Valor Presente Líquido (VPL). Os resultados do estudo e seleção de cava estão apresentados na Figura 4.3_1 e Tabela 4.3_5. A cava matemática selecionada como Cava Final, foi operacionalizada e avaliada economicamente.

A Figura 4.3_2 apresenta a cava matemática selecionada com vista em planta.

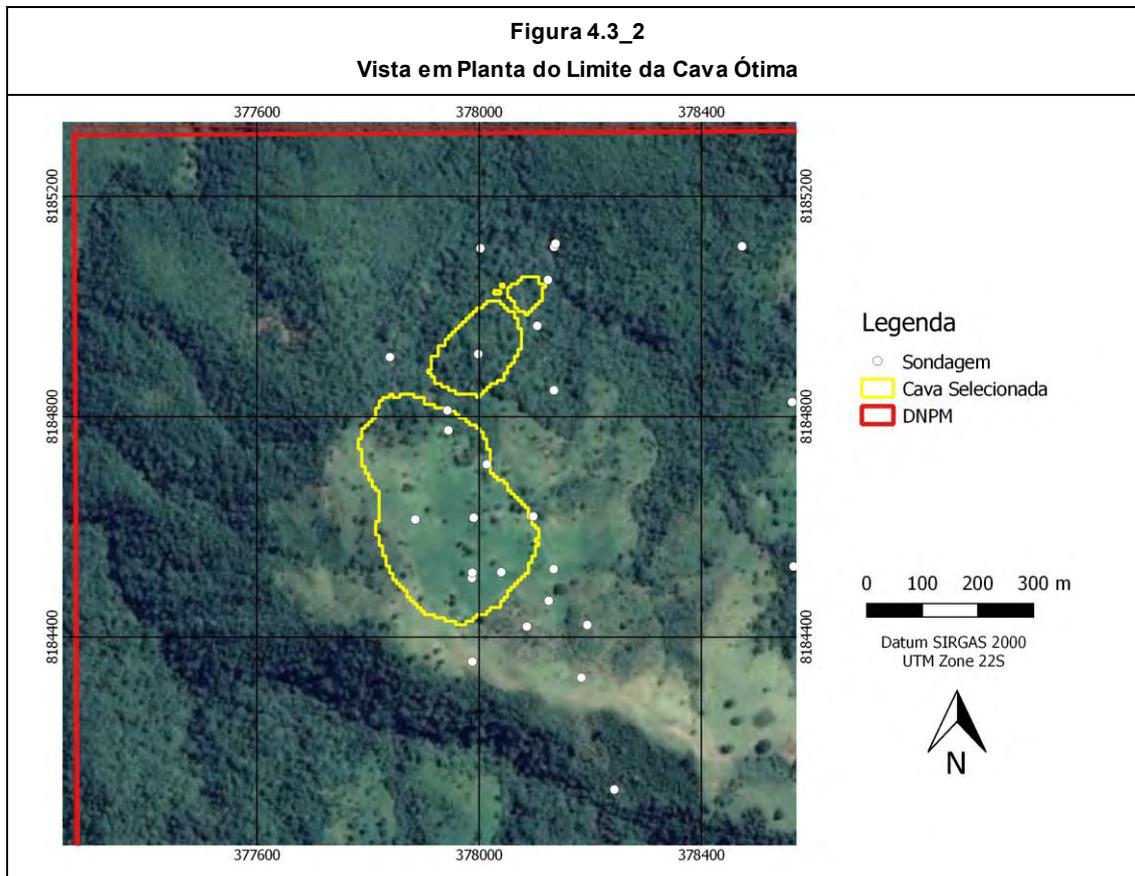
Tabela4.3_5															
Resultados da Otimização de Cavas															
Cava	Fator de Receita	Total	Minério	Estéril	REM**	Cu Contido		Co Contido		Cu Eq Contido		Au Contido		Conc @27% Cu Eq	VPL*
						Mt	t/t	%	lb x 10 ⁶	ppm	lb x 10 ⁶	%	lb x 10 ⁶		
1	0,30	0,05	0,02	0,03	1,95	0,71	0,25	77	0,00	0,77	0,27	0,03	17	0,4	0,45
5	0,38	2,79	0,43	2,36	5,48	0,42	3,98	637	0,61	0,97	9,18	0,06	873	13,1	11,95
10	0,48	4,13	0,76	3,38	4,47	0,37	6,09	521	0,87	0,81	13,53	0,05	1 311	19,3	16,67
15	0,58	9,94	1,76	8,18	4,65	0,38	14,82	379	1,47	0,71	27,40	0,05	2 774	39,1	27,22
20	0,68	11,73	2,16	9,57	4,42	0,37	17,59	336	1,60	0,66	31,31	0,05	3 198	44,7	29,26
25	0,78	13,38	2,51	10,87	4,33	0,36	19,80	306	1,69	0,62	34,28	0,04	3 469	48,9	30,27
30	0,88	14,33	2,71	11,62	4,29	0,35	20,88	291	1,74	0,60	35,79	0,04	3 655	51,1	30,56
36	1,00	14,89	2,91	11,98	4,12	0,34	21,62	275	1,76	0,57	36,76	0,04	3 744	52,5	30,62
40	1,08	16,02	3,15	12,86	4,08	0,33	22,80	259	1,80	0,55	38,23	0,04	3 853	54,6	30,55
44	1,16	16,71	3,31	13,40	4,05	0,32	23,40	250	1,82	0,54	39,08	0,04	3 935	55,8	30,45
50	1,28	18,31	3,61	14,69	4,07	0,31	24,76	234	1,86	0,51	40,76	0,04	4 180	58,2	30,04
55	1,38	19,59	3,85	15,74	4,09	0,30	25,78	223	1,89	0,50	41,98	0,04	4 330	59,9	29,62
60	1,48	22,07	4,12	17,95	4,36	0,30	27,24	213	1,93	0,48	43,86	0,03	4 504	62,6	28,71
65	1,58	22,71	4,22	18,49	4,38	0,30	27,72	209	1,95	0,48	44,37	0,03	4 613	63,3	28,46
70	1,68	23,50	4,35	19,15	4,40	0,29	28,20	204	1,96	0,47	44,98	0,03	4 617	64,2	28,12
75	1,78	23,80	4,43	19,37	4,37	0,29	28,33	201	1,97	0,46	45,23	0,03	4 703	64,6	27,97
80	1,88	24,86	4,65	20,21	4,34	0,28	29,02	194	1,98	0,45	45,93	0,03	4 786	65,7	27,43
86	2,00	25,55	4,74	20,81	4,39	0,28	29,25	191	1,99	0,44	46,38	0,03	4 876	66,3	27,07

*Valores para fins meramente comparativos. Os valores de VPL apresentados não condizem com uma real valoração do empreendimento devido à simplificação de fatores técnico-econômicos (capex, logística, planejamento de lavra, taxas, impostos etc).

**REM: termo técnico chamado "Relação Estéril Minério", o qual é calculado dividindo o quantitativo de material estéril sobre material mineralizado.



Com as informações atuais e considerando parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar, a cava selecionada apresentou um quantitativo de material mineralizado da ordem de 3Mt @0,57% Cu Eq com um total de 52kt de concentrado @27% Cu Eq (aproximadamente 21,6 milhões de libras de cobre e 1,75 milhões de libras de cobalto) e uma REM superior a 4:1.



4.4 Operacionalização de Cava

4.4.1 Metodologia

A operacionalização de cava consiste em projetar, a partir de um modelo matemático de cava ótima, uma cava operacional que permita o desenvolvimento seguro e eficiente das operações de lavra.

A metodologia consiste em estabelecer o traçado dos pés e cristas das bancadas, bermas de segurança, praças de trabalho e rampas de acesso para a lavra, respeitando-se os parâmetros geométricos e geotécnicos definidos. As premissas adotadas para a operacionalização dos contornos finais de cada período de lavra foram:

- Minimizar a perda de massa de minério, assumindo o acréscimo da lavra de estéril necessário para acessar o minério nos níveis inferiores;
- Definir os acessos e rampas de forma a obter as menores distâncias médias de transporte.

4.4.2 Parâmetros Geométricos, Econômicos e Geotécnicos

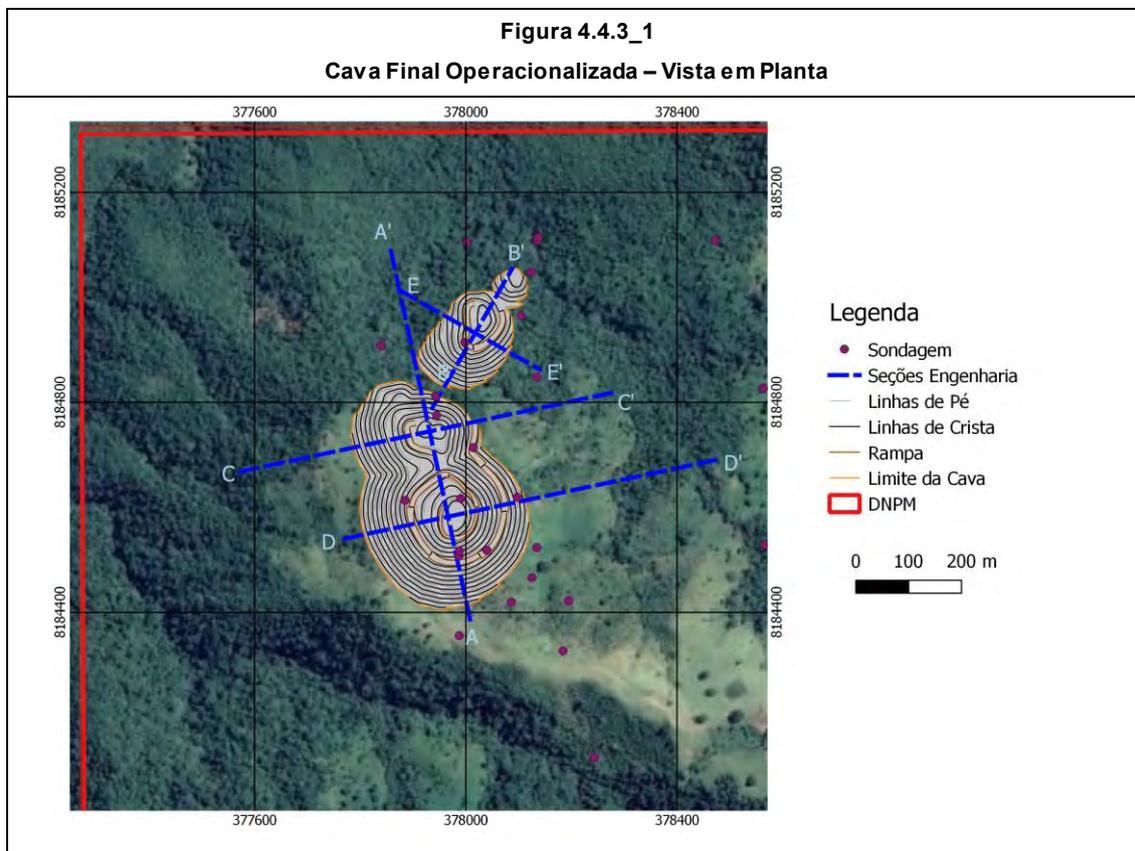
Na Tabela 4.4.2_1 estão apresentados os parâmetros geométricos e geotécnicos utilizados para elaboração das cavas operacionais finais dos períodos de lavra.

Os parâmetros operacionais foram definidos a partir de projetos similares e das dimensões dos equipamentos de carga e transporte a serem empregados na lavra.

Parâmetro	Valor
Ângulo de Face	65°
Berma Mínima	4m
Praça Mínima	20m
Altura do Banco	10m
Largura da Rampa	10m
Inclinação da Rampa	10%
Raio de curvatura	20m

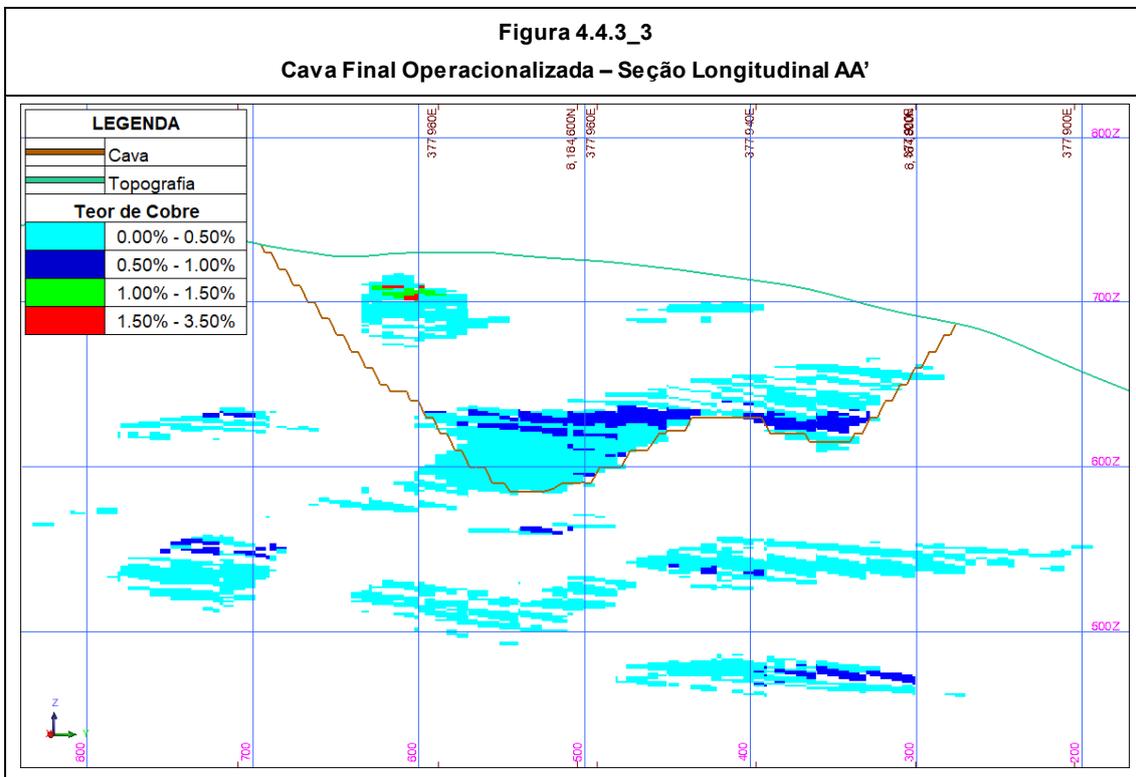
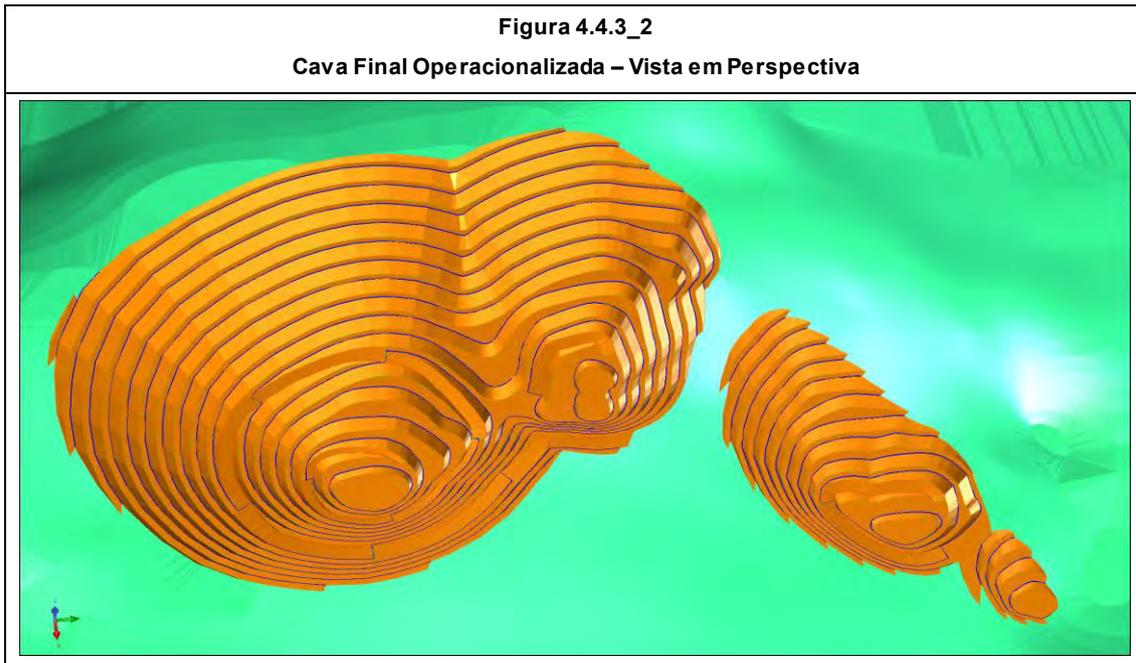
4.4.3 Cava Final Operacionalizada

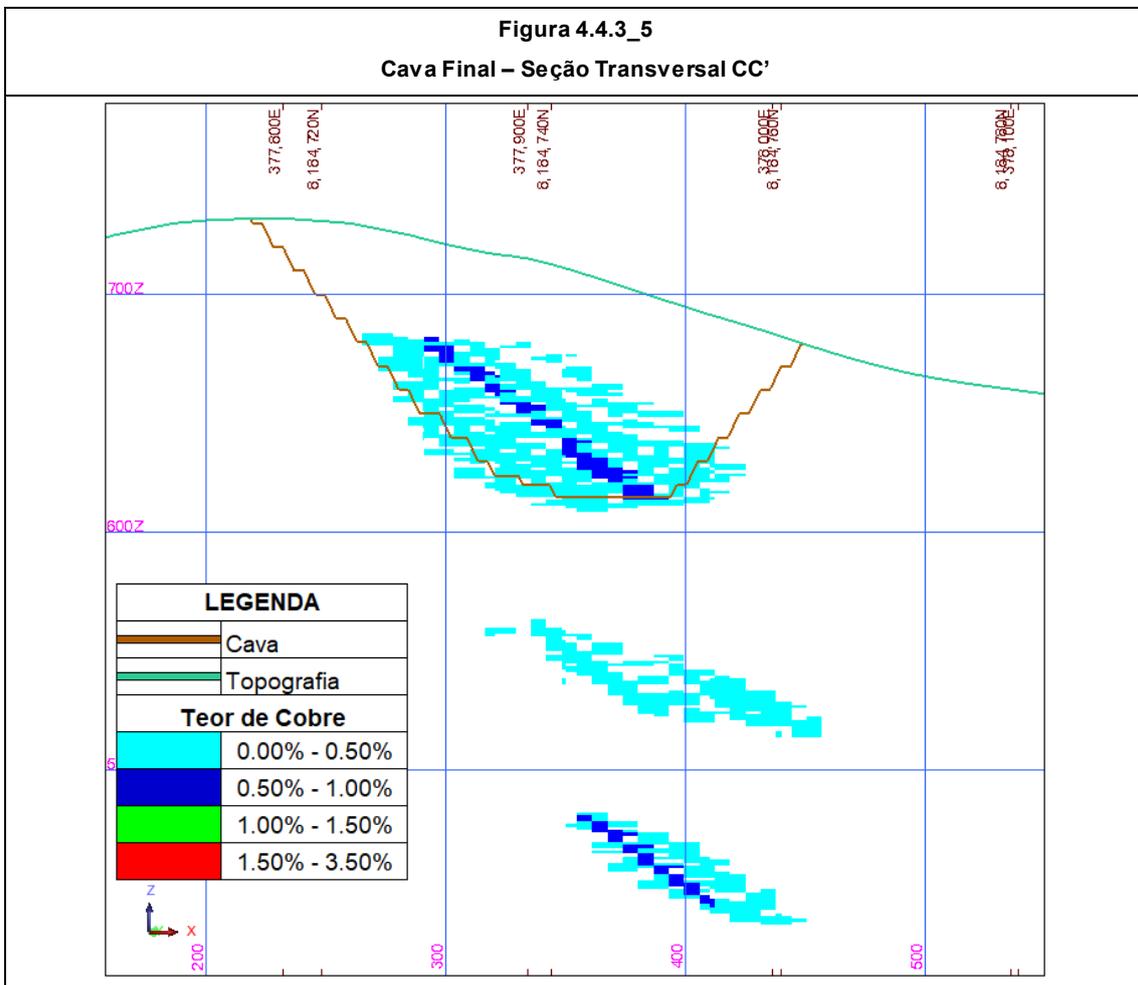
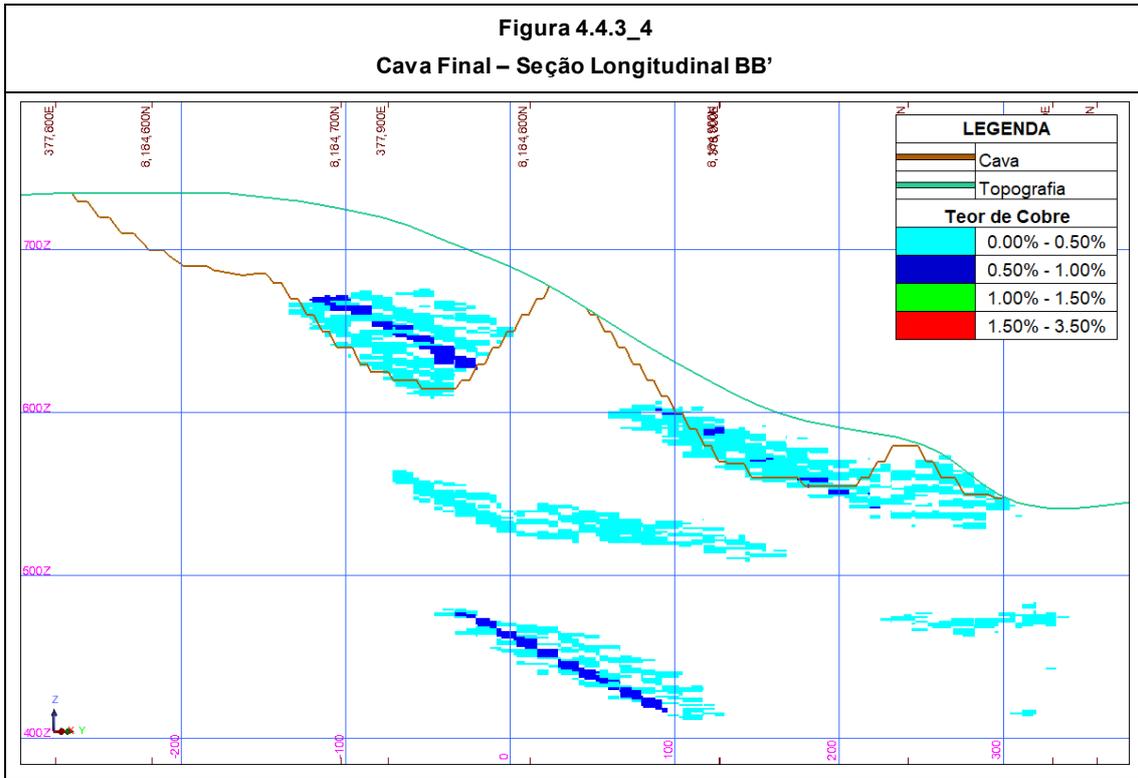
A cava ótima foi operacionalizada de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 4.4.2_1. As Figuras 4.4.3_1 e 4.4.3_2 apresentam vistas da Cava Final.



A Tabela 4.4.3_1 apresenta o inventário mineral e o estéril interno à cava operacionalizada, Entende-se como Inventário Mineral, o resultado de um projeto de lavra otimizado e operacionalmente executável.

As seções verticais AA' a EE' apresentadas nas Figuras 4.4.3_3 e 4.4.3_7 mostram os corpos mineralizados e contornos da cava.





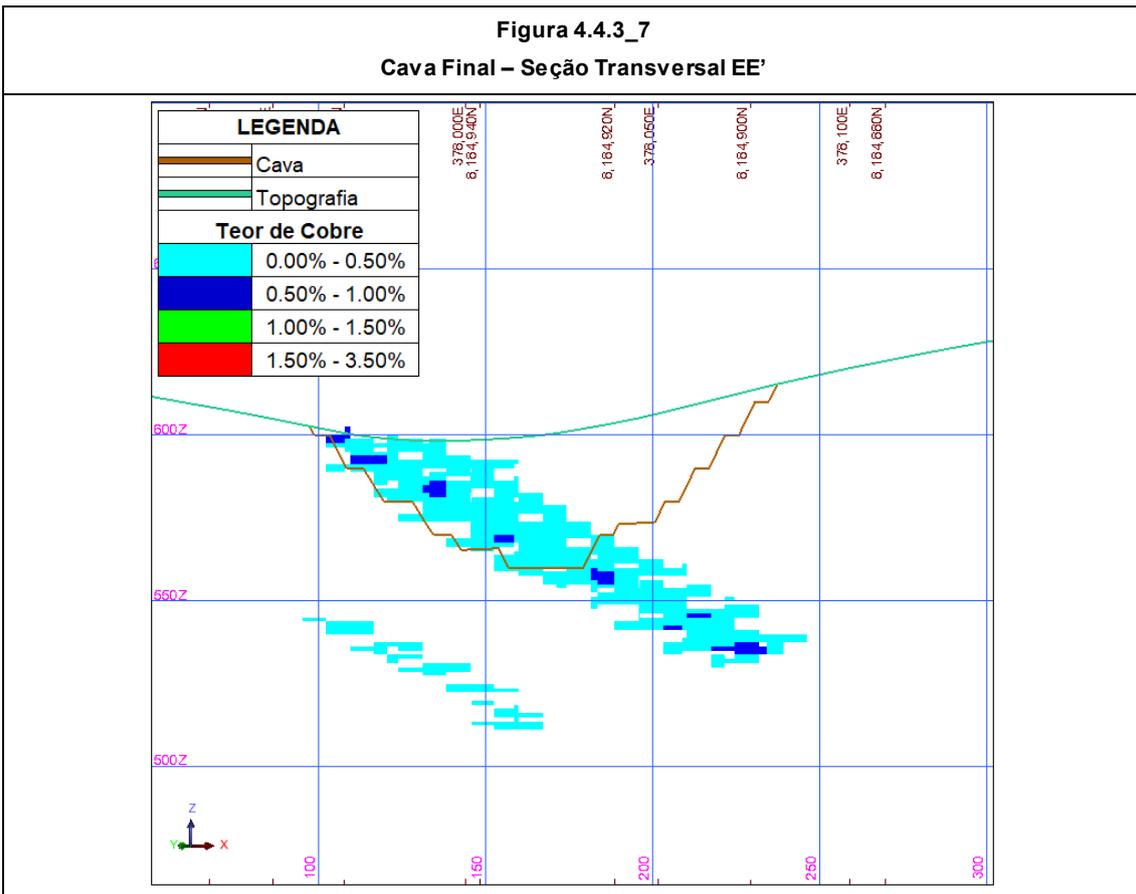
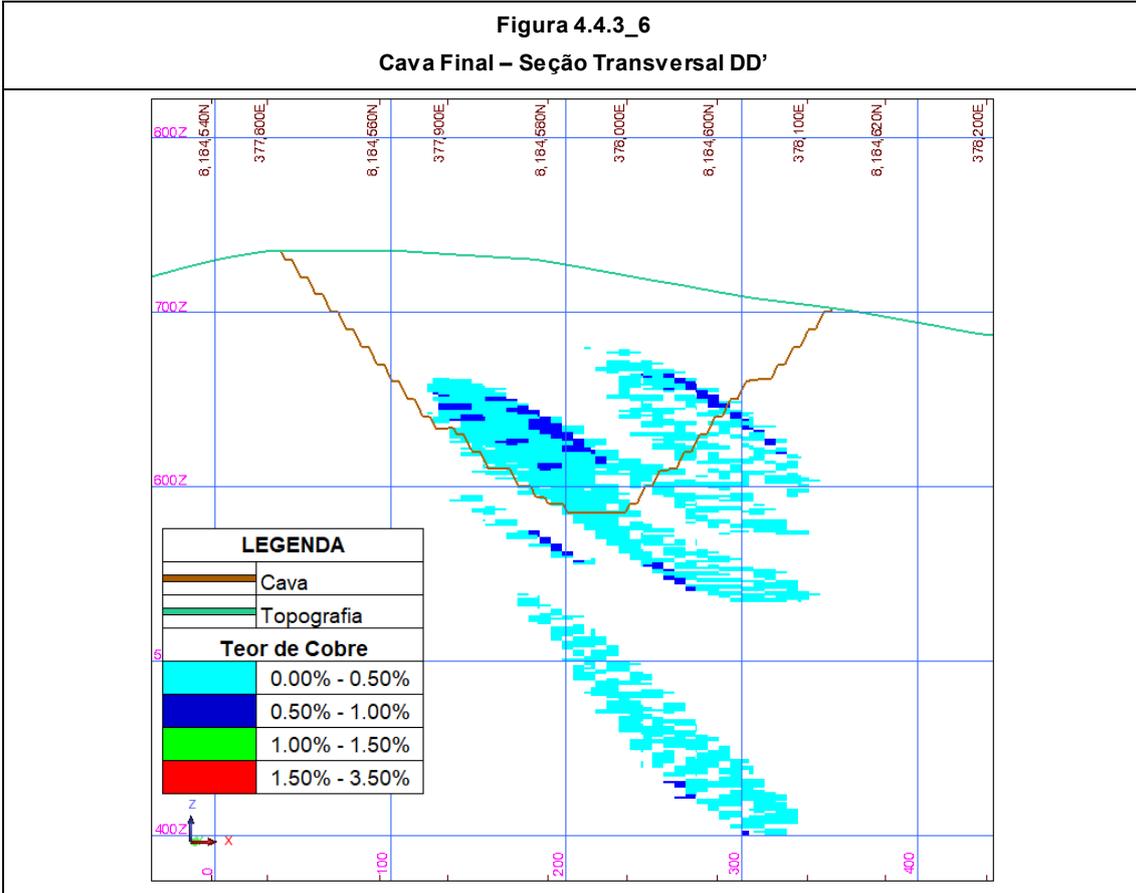


Tabela 4.4.3_1
Inventário Mineral

Rock Type	Massa	Cu	Co	Cu Eq	Au	Cu Contido		Co Contido		Cu Eq Contido		Au Contido	
	kt	%	ppm	%	ppm	t	lb x 10 ⁶	t	lb x 10 ⁶	t	lb x 10 ⁶	kg	oz troy x 10 ³
Hidr	523	0.05	84	0.13	0.01	278	0.6	44	0.10	654	1.4	7	0.2
Med	539	0.14	107	0.24	0.02	741	1.6	58	0.13	1 294	2.9	9	0.3
High	1 814	0.48	383	0.82	0.05	8 706	19.2	694	1.53	14 782	32.6	89	2.9
Total-Minério	2 877	0.34	277	0.58	0.04	9 726	21.4	795	1.75	16 731	36.9	105	3.4
Minério Marginal*	295	0.05	27	0.07	0.01								
Estéril	11 960												
Total	15 132												
REM	4.3												

*Minério Marginal: É a parcela do material mineralizado lavrado que não consegue pagar os seus custos de lavra, porém pode ser utilizado para a blendagem com um minério mais rico ou ser armazenado em uma pilha para futura utilização.

4.5 Sequenciamento de Lavra

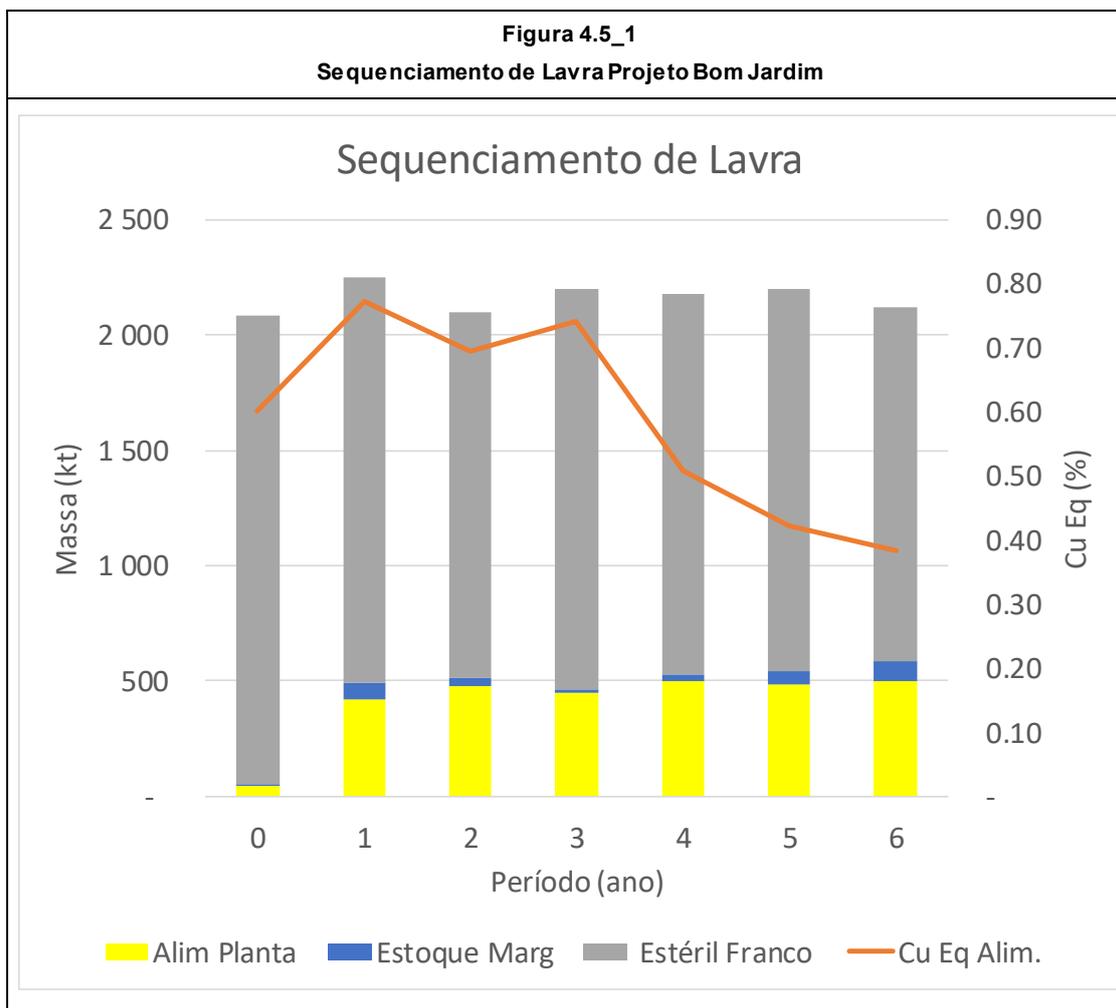
O sequenciamento de lavra foi desenvolvido com o *software* Geovia Minesched. Baseado em programas de produção anuais, definiu-se a sequência de lavra de minério e estéril e na evolução das geometrias ao longo da vida da mina até atingir a cava operacionalizada final.

Baseado nas premissas de 500 kt ROM de alimentação ao ano, uma etapa de pré-stripping da mina e objetivando a maximização do teor de Cu Eq, as Tabelas 4.5_1 e 4.5_2 e a Figura 4.5_1 abaixo apresentam os resultados do sequenciamento matemático de lavra realizado.

Tabela 4.5_1								
Sequenciamento de Lavra – Mina								
Período	Mina							
	ROM	Cu Eq	Cu	Co	Au	Concentrado	Estéril Franco	REM
Ano	t	%		ppm		t	t	t/t
0	51 916	0,57	0,50	74	0,05	927	2 032 917	39,16
1	493 080	0,67	0,31	416	0,05	9 917	1 757 073	3,56
2	510 178	0,66	0,29	423	0,05	10 519	1 589 822	3,12
3	460 231	0,73	0,42	356	0,05	10 516	1 739 769	3,78
4	528 259	0,48	0,34	168	0,03	8 028	1 651 117	3,13
5	544 972	0,38	0,27	127	0,03	6 537	1 655 028	3,04
6	584 298	0,34	0,25	100	0,02	6 232	1 534 431	2,63
Total	3 172 934	0,53	0,31	253	0,04	52 676	11 960 157	3,77

Tabela 4.5_2												
Sequenciamento de Lavra – Planta e Estoque Minério Marginal												
Período	Planta						Estoque Minério Marginal*					
	Alim	Cu Eq	Cu	Co	Au	Conc	Massa	Cu Eq	Cu	Co	Au	Conc
Ano	t	%		ppm		t	t	%		ppm		t
0	48 715	0,60	0,53	77	0,05	920	3 201	0,07	0,03	40	0,02	7
1	418 486	0,77	0,36	483	0,05	9 844	74 594	0,08	0,05	39	0,01	73
2	476 963	0,70	0,31	450	0,05	10 441	33 215	0,08	0,05	32	0,01	79
3	449 511	0,74	0,43	364	0,05	10 492	10 720	0,08	0,04	35	0,01	24
4	500 000	0,51	0,36	175	0,03	7 975	28 259	0,05	0,04	28	0,01	53
5	483 434	0,42	0,30	139	0,03	6 410	61 538	0,06	0,04	31	0,00	126
6	500 000	0,38	0,28	115	0,03	6 035	84 298	0,08	0,05	11	0,00	197
Total	2 877 109	0,58	0,34	277	0,04	52 116	295 825	0,07	0,05	27	0,01	559

***Minério Marginal:** É a parcela do material mineralizado lavrado que não consegue pagar os seus custos de lavra, porém pode ser utilizado para a blendagem com um minério mais rico ou ser armazenado em uma pilha para futura utilização.



4.6 Processamento Mineral

Devido a escassez de informação a respeito de análises das amostras do Projeto Bom Jardim, a GE21 considerou conceitualmente um fluxograma genérico e comumente utilizado no processamento de minérios de cobre baseado em seu banco de dados de projetos similares.

Considerou-se uma planta de concentração com uma capacidade anual de alimentação de 500 kt de ROM ao ano, com as seguintes etapas:

- Britagem e peneiramento;
- Moagem e classificação;
- Flotação em três estágios com re-moagem de concentrado;
- Espessamento e filtragem do concentrado.

O minério proveniente da mina será estocado no pátio de britagem. Uma pá carregadeira retomará esse material e o alimentará na moega do britador primário, o qual trabalhará em circuito fechado com uma grelha para evitar que blocos grandes de rocha sejam enviados para o britador secundário.

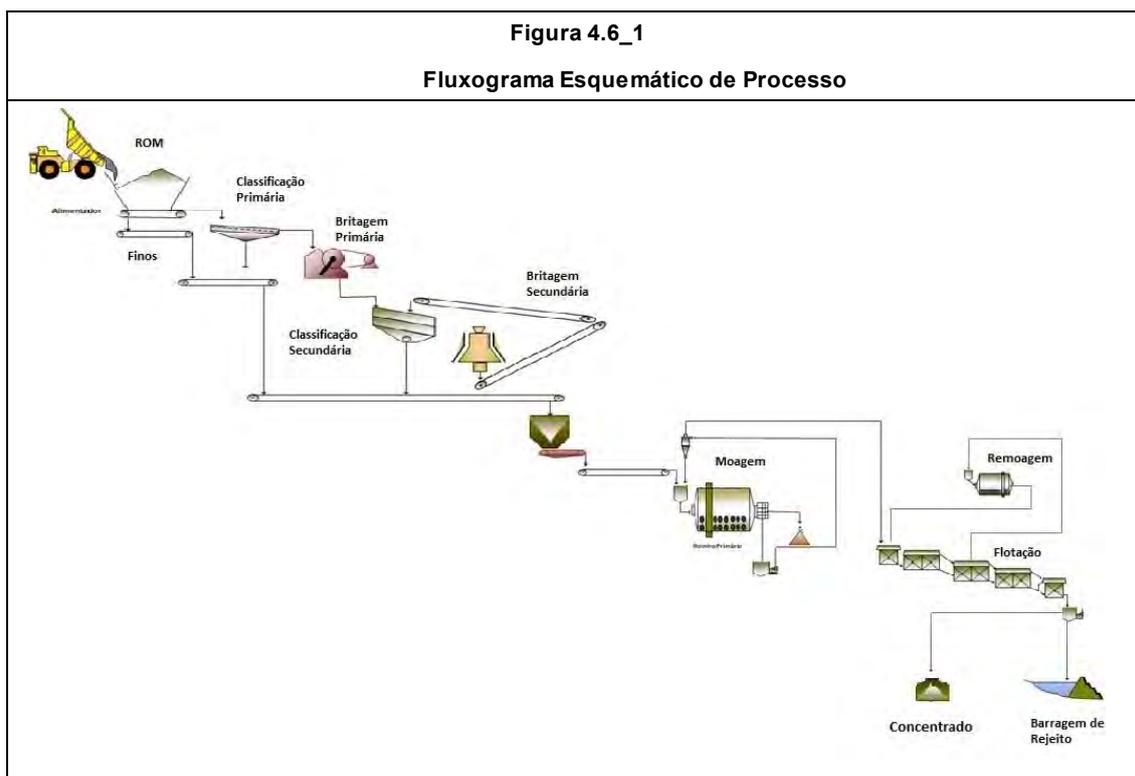
O minério do britador primário alimentará uma peneira vibratória com dois decks. Os materiais retidos serão direcionados para o britador cônico secundário que trabalhará em circuito fechado com a peneira de dois decks. O material passante será direcionado para um silo de estocagem que alimentará o moinho de bolas primário.

O moinho trabalhará em circuito fechado com uma bateria de hidrociclones. O underflow dos hidrociclones retorna ao moinho e o overflow é direcionado para o circuito de flotação, sendo que os reagentes serão adicionados no moinho (coletor) e no overflow do hidrociclone (coletor e espumante).

O concentrado do circuito de flotação rougher alimentará uma nova bateria de hidrociclones que por sua vez alimentarão um moinho secundário e o rejeito enviado para a barragem. O overflow do moinho alimentará as células de flotação cleaner e recleaner onde o rejeito será enviado para as células rougher e o concentrado final será enviado para um espessador e filtragem.

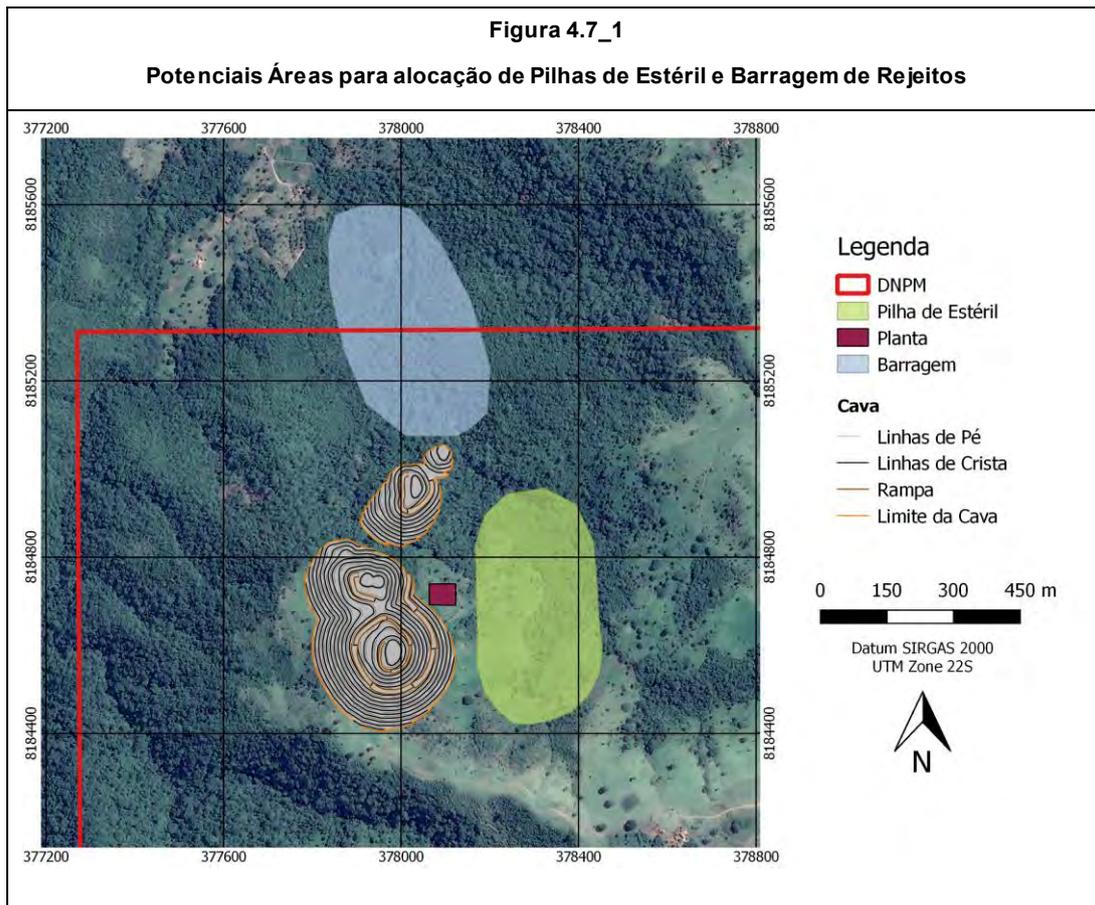
O resultado da flotação deverá ser um concentrado com 27% Cu_eq.

A Figura 4.6_1 apresenta o fluxograma esquemático de processo.



4.7 Pilhas de Estéril e Barragem de Rejeitos

Estruturas necessárias como pilhas de estéril e barragem de rejeitos serão alocadas, respectivamente, próximas às cavas e à planta de beneficiamento. Na Figura 4.7_1, estão apresentados os *footprints* dos potenciais locais para alocação dessas estruturas.



4.8 Estimativa de CAPEX e OPEX

A GE21 elaborou uma estimativa de CAPEX e OPEX simplificada baseada em índices, e em projetos similares.

4.8.1 CAPEX

CAPEX é a sigla da expressão inglesa “*Capital Expenditure*” (em português, despesas de capital ou investimento em bens de capital) e que designa o montante de dinheiro despendido na aquisição (ou introdução de melhorias) de bens de capital de uma determinada empresa.

Os valores de CAPEX foram estimados com base os custos de investimentos do Projeto B apresentado na tabela 4.3_4 (devido à capacidade de produção similar) aplicados na metodologia de estimativa “Regra dos 2/3”.

A Regra dos 2/3 é a metodologia de estimativa expedita e comumente utilizada em projetos de *Desktop Study* e *Scoping Study* para estimar o CAPEX. Esta metodologia de cálculo utiliza informações de projetos conhecidos como massas, volumes, capacidades, dimensões etc para estimativa do custo de capital do projeto em estudo conforme mostrado na fórmula abaixo:

$$\frac{\text{CAPEX (Projeto A)}}{\text{CAPEX (Projeto B)}} = \left[\frac{\text{Capacidade produção(A)}}{\text{Capacidade produção(B)}} \right]^{2/3}$$

Segundo Noakes (1993) o erro estimado para este tipo de cálculo é de 30%, o que é aceitável pelo nível de maturidade do projeto. (Fonte: A.L. Mular. A Handbook for Estimating Mining and Mineral Processing Equipment Cost and Capital Expenditures and aiding mineral project evaluations, Canadian Institute of Mining and Metallurgy and Petroleum 1998.)

A Tabela 4.8.1_1 apresenta o sumário das estimativas de investimento (Capex) para o Projeto Bom Jardim.

Tabela 4.8.1_1		
Sumário do Capex (US\$ M)		
Item	CAPEX Projeto Fonte	CAPEX BOM JARDIM
Mina Pátio	0.7	0,8
Planta de Beneficiamento	13.0	14,9
Pilha de Estéril	0.7	0,8
Barragem de Rejeitos	2.9	3,3
Total	17.3	19,8

4.8.2 OPEX

OPEX é a sigla derivada da expressão “Operational Expenditure”, que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa, tais como equipamentos, propriedades e imóveis.

A GE21 estimou os custos para uma operação de lavra terceirizada, devido ao pequeno tempo de vida útil da mina e a minimização do CAPEX de mina em aquisição de equipamentos.

A Tabela 4.8.2_1 apresenta o sumário dos custos de operação (Opex).

Para a estimativa dos custos de lavra utilizou-se os custos dos projetos B e C, como identificados na tabela 4.3_4, ponderados pelos fatores 30% e 70%, respectivamente, e para os custos da planta de beneficiamento utilizou-se os mesmos ponderadores, respectivamente para os projetos A e C (tabela 4.3_4). Os ponderadores foram estimados de acordo com o grau de similaridade dos projetos de referência em relação ao Projeto Bom Jardim, considerando-se as distancias de transporte, porém de equipamento, taxas de produção e teores de alimentação.

Tabela 4.8.2_1				
Sumário do Opex				
Item	Opex Proj Fonte 1 (30%)	Opex Proj Fonte 2 (70%)	OPEX Bom Jardim	Unid
Lavra	2,50	1,80	2,00	US\$/t mov
Planta de Beneficiamento	6,38	3,68	4,50	US\$/t ROM

4.9 Análise Econômica

A análise econômica do projeto foi baseada no modelo técnico-econômico para a produção de concentrado de Cu_eq @27% e fornece uma avaliação econômica e análise de sensibilidade para o projeto.

Para nivelar o entendimento, abaixo estão apresentadas as definições dos principais termos utilizados no âmbito de uma análise econômica:

- VPL- Valor Presente Líquido representa o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial;

- TIR – Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que teria um determinado fluxo de caixa para igualar a zero seu Valor Presente Líquido;
- PayBack - é o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento;
- ROI é a sigla de “Return Over Investments”, que significa “Retorno sobre Investimentos”, ou seja, a relação da receita operacional sobre os investimentos sem descontar o valor no tempo;
- EBITDA é a sigla de “*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*”, que significa “Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização”;
- EBIT é a sigla em inglês para “*Earnings Before Interest and Taxes*”, que em português podemos traduzir como LAJIR, ou seja, Lucro antes dos Juros e Tributos, sendo que os Tributos significam Imposto de Renda Pessoa Jurídica e Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido;
- Fluxo de Caixa é um instrumento de gestão financeira que realiza o controle das movimentações financeiras, entradas e saídas de recursos de uma empresa, em um determinado período de tempo;
- PIS - Programa de Integração Social é a alíquota teórica aplicável é de 1,65% sobre a receita bruta, para cálculo baseado em Lucro Real, e de 0,65% sobre a receita bruta, para cálculo baseado em Lucro Presumido. Exportações, ganhos financeiros e ganhos de capital não são tributados;
- COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social é a alíquota teórica aplicável é de 3% sobre a receita bruta. As companhias podem compensar o pagamento de COFINS com créditos resultantes de certos insumos e investimentos. Exportações, ganhos financeiros e ganhos de capital não são tributados;
- CFEM – A Compensação Financeira pela Exploração Mineral: foi considerada uma alíquota de 2% de impostos sobre a receita bruta;
- IR – Imposto de Renda e Contribuição Social para cálculo baseado em Lucro Real, aplica-se alíquota de 15% sobre o lucro antes dos impostos se este lucro for menor que R\$ 240.000,00 e alíquota de 25% sobre o lucro antes dos impostos, se este lucro for maior que R\$ 240.000,00. Para cálculo baseado em Lucro Presumido, aplica-se alíquota de 2% sobre a receita bruta;
- Contribuição Social - A contribuição social é de 9% para cálculo baseado em Lucro Real, e de 1,08% sobre a receita bruta, para cálculo baseado em Lucro Presumido;
- Depreciação - A depreciação dos equipamentos da planta foi calculada de forma simplificada, depreciando-se o investimento inicial, em valores anuais iguais ao longo da vida útil da mina.
- WACC: Termo em inglês *Weighted Average Capital Cost* , equivalente a Taxa de Desconto, no termo em português, e que corresponde ao custo de oportunidade para o empreendedor, considerando-se o nível de risco do empreendimento.
- ROM: O ROM é a sigla em inglês que significa de Run Of Mine, é o minério que alimenta a planta de tratamento.

- Estéril: O material sem valor econômico ao qual necessita ser retirado nas atividades de lavra para se acessar o minério (ROM).

As premissas técnicas estão listadas resumidamente a seguir:

- Total de minério: 2 877 kt;
- Total de estéril: 11 960 kt;
- Taxa de alimentação da planta: 500 kt por ano;
- A operação de lavra foi assumida como proveniente de empresa terceirizada;
- Produto é um concentrado de cobre com especificação 27% Cu_{eq}.

As principais premissas econômicas consideradas no modelo econômico adotado pela GE21 foram:

- CAPEX total de US\$ 19,8M;
- Custo operacional médio de US\$800 por tonelada métrica de concentrado (27% Cu);
- Preço *Ex-Works* de venda de US\$1.655 por tonelada métrica de concentrado:

Concentrado @27% Cu	Unidade	Valor
Preço Base	US\$/t Cu	7 000*
Concentrado @27% Cu	%	27.0%
Perda Fundição (4%)	%	96.0%
lb Cu em 1t Conc	lb/t Conc	571.28
(-) Fundição	US\$/t Conc	(65.00)
(-) Refino	US\$/lb Cu	(0.06)
Preço DAP - Fundição	US\$/t Conc	1 715
(-) Frete Transporte	US\$/t Conc	(60.00)
(=) Preço EX-WORKS	US\$/t Conc	1 655

* Preço Máximo baseado no "World Bank Commodities Price Forecast"

- CFEM: 2%;
- Imposto de Renda (IRPJ): 25%;
- Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL): 9%.

Os indicadores econômicos obtidos nesta análise foram:

- Valor Presente Líquido (VPL) de US\$ 3 M (WACC @8%);
- Taxa Interna de Retorno (TIR) de 13,7%;
- Retorno Sobre o Investimento (ROI) de 121%; e
- Payback time de 4 anos.

4.9.1 Fluxo de Caixa

O Fluxo de Caixa Descontado simplificado está apresentado na Tabela 4.9.1_1. Os resultados financeiros estão apresentados na Tabela 4.9.1_2.

Tabela 4.9.1_1							
Fluxo de Caixa Simplificado							
Descrição	0	1	2	3	4	5	6
Total Lavrado (kt)	1 496,8	2 760,4	2 066,8	2 189,3	2 151,1	2 138,5	2 034,4
ROM	48,7	418,5	477,0	449,5	500,0	483,4	500,0
Estéril	1 448,1	2 341,9	1 589,8	1 739,8	1 651,1	1 655,0	1 534,4
Produto (kt)	2,9	7,9	10,4	10,5	8,0	6,4	6,0
Receita Bruta (US\$ mi)	4,8	13,0	17,3	17,4	13,2	10,6	10,0
OPEX (US\$ mi)	(3,2)	(7,4)	(6,3)	(6,4)	(6,6)	(6,5)	(6,3)
Lavra Terceirizada	(3,0)	(5,5)	(4,1)	(4,4)	(4,3)	(4,3)	(4,1)
Processo	(0,2)	(1,9)	(2,1)	(2,0)	(2,3)	(2,2)	(2,3)
EBITDA (US\$ mi)	1,6	5,6	11,0	11,0	6,6	4,2	3,7
Depreciação (US\$ mi)	-	(2,5)	(2,5)	(2,5)	(2,5)	(2,5)	(2,5)
EBIT (US\$ mi)	1,6	3,1	8,5	8,5	4,2	1,7	1,2
PIS-COFINS (9,25% Receita Bruta) (US\$ mi)	(0,4)	(1,2)	(1,6)	(1,6)	(1,2)	(1,0)	(0,9)
IRPJ (15% sobre R\$ 0.24 mi/ano do EBIT)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,04)
AIR (10% sobre Exc R\$ 0.24 mi/ano do EBIT)	(0,1)	(0,3)	(0,8)	(0,8)	(0,4)	(0,1)	(0,1)
CSLL (9% sobre EBIT)	(0,1)	(0,3)	(0,8)	(0,8)	(0,4)	(0,2)	(0,1)
CFEM (2% da Rec Bruta) (R\$ mi)	(0,1)	(0,2)	(0,3)	(0,3)	(0,2)	(0,2)	(0,2)
Receita Líquida (US\$ mi)	0,7	1,1	5,0	4,9	1,9	0,2	(0,2)
Depreciação (US\$ mi)	-	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Lucro Líquido (US\$ mi)	0,7	3,6	7,5	7,4	4,4	2,7	2,3
CAPEX (US\$ mi)	(19,8)	-	-	-	-	-	-
Mina Pátio	(0,8)	-	-	-	-	-	-
Usina	(14,9)	-	-	-	-	-	-
Pilha de Estéril	(0,8)	-	-	-	-	-	-
Barragem de Rejeito	(3,3)	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa (US\$ mi)	(19,0)	3,6	7,5	7,4	4,4	2,7	2,3
Fluxo de Caixa Acumulado (US\$ mi)	(19,0)	(15,5)	(8,0)	(0,6)	3,8	6,4	8,8

Tabela 4.9.1_2	
Resultado Financeiro do Projeto Bom Jardim	
	VPL
VPL (WACC = 12%) (US\$ mi)	0,84
VPL (WACC = 11%) (US\$ mi)	1,36
VPL (WACC = 10%) (US\$ mi)	1,89
VPL (WACC = 8%) (US\$ mi)	3,04
VPL (WACC = 7%) (US\$ mi)	3,65
VPL (WACC = 6%) (US\$ mi)	4,28
VPL (WACC = 5%) (US\$ mi)	4,95
TIR (%)	13,7%
Payback time (anos)	4,1
ROI	121%

4.9.2 Análise de Sensibilidade

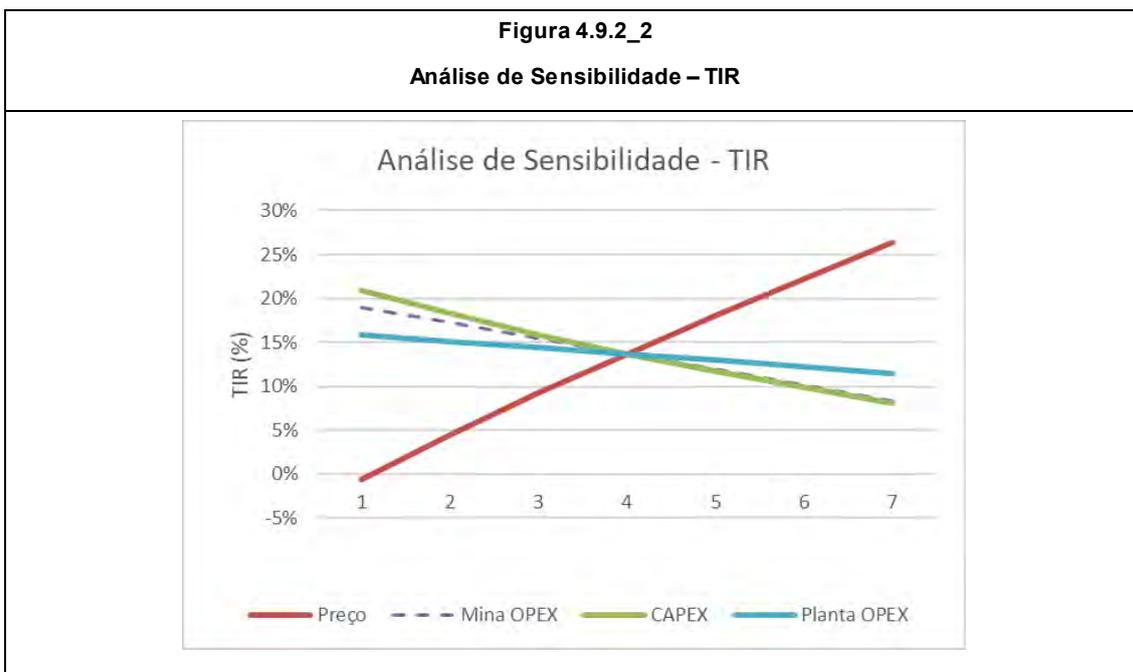
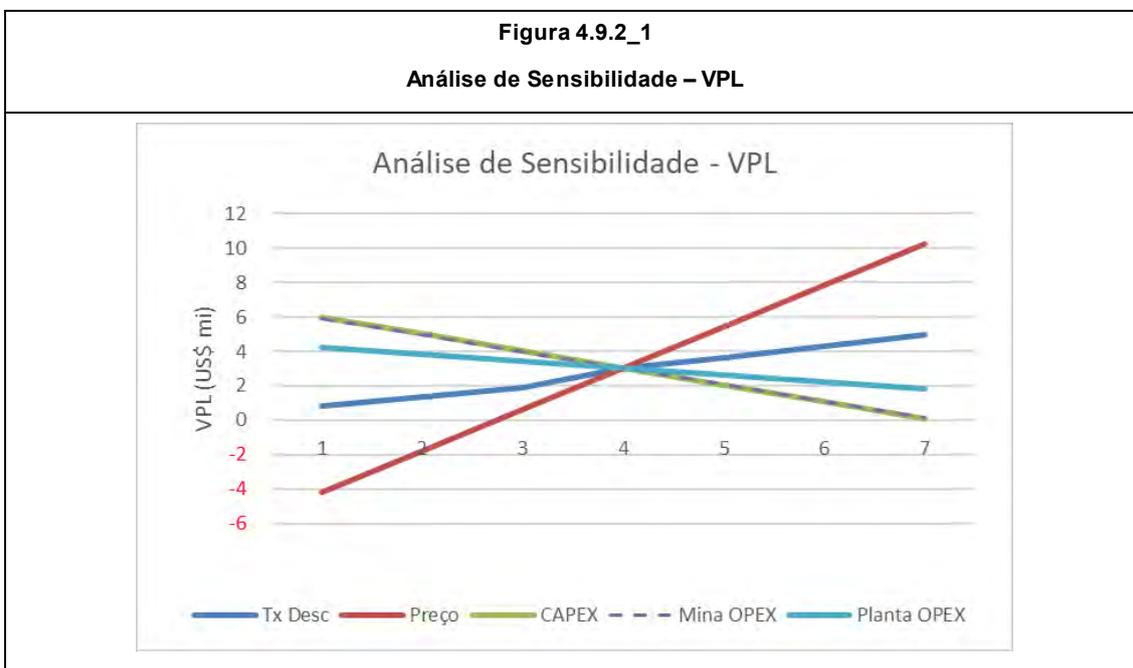
A análise de sensibilidade elaborada pela GE21 mostra que os indicadores VPL e TIR do Projeto Bom Jardim são mais sensíveis ao preço do produto, seguido do CAPEX, custos operacionais (OPEX) e taxa de desconto.

A Tabela 4.9.2_1 apresenta as variações de cada parâmetro considerado na análise.

As Figuras 4.9.2_1 e 4.9.2_2 apresentam a análise de sensibilidade do projeto variando os parâmetros supracitados, com base no modelo econômico elaborado pela GE21.

Tabela 4.9.2_1
Varição de Parâmetros para Análise de Sensibilidade

# Gráficos	1	2	3	4	5	6	7
Preço	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
CAPEX	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
OPEX Mina	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
OPEX Planta	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
Tx Desc	12%	11%	10%	8%	7%	6%	5%



4.9.2.1 Cava Estendida

Considerando que a análise de VPL e TIR indicam elevada sensibilidade em relação ao preço, e que tanto o Cobre como o Cobalto são metais que estão valorizadas na onda tecnológica do futuro, a GE21 avaliou adicionalmente uma cava ótima estendida. Nesta foi considerado um preço cerca de 10% mais elevado, com *EX-Works* de US\$ 1810 por tonelada de concentrado @27% Cu, e mantendo todas as demais premissas técnico-econômicas. A cava possui cerca de 3.3Mt de ROM, uma REM de 4:1 e teor de 0.54% Cu Equivalente.

O Fluxo de Caixa descontado simplificado está apresentado no Anexo 2.

Os indicadores econômicos obtidos estão apresentados na Tabela 4.9.2.1_1.

Tabela 4.9.2.1_1	
Resultado Financeiro da Cava Estendida	
	VPL
VPL (WACC = 12%) (US\$ mi)	4,71
VPL (WACC = 11%) (US\$ mi)	5,33
VPL (WACC = 10%) (US\$ mi)	5,97
VPL (WACC = 8%) (US\$ mi)	7,34
VPL (WACC = 7%) (US\$ mi)	8,07
VPL (WACC = 6%) (US\$ mi)	8,83
VPL (WACC = 5%) (US\$ mi)	9,62
TIR (%)	21,4%
Payback time (anos)	2,6
ROI	162%

Observou-se neste cenário:

- Incremento superior a 140% no VPL (WACC @8%);
- Incremento superior a 50% na TIR;
- Incremento superior a 30% no ROI;
- Redução maior que 30% no payback time.

5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MERCADO E PREÇOS

Os preços são reflexos de cada época dos relatórios, e das decisões das corporações. As empresas usam analistas de mercado diferentes com premissas diferentes, tornando irreal o simples cálculo da média dos preços praticados.

Para o estabelecimento do preço de longo prazo do cobre, a GE21 utilizou, como fonte, análise do Banco Mundial realizada em fins de 2016, já para o cobalto foi utilizado o racional de estimativa de evolução do preço do cobalto na estatística do LME, nesse ano, e complementada com análises de boletins públicos, como do Investing News Network

Para efeito meramente comparativo, a Ero Copper (<https://www.erocopper.com>), nova controladora da Mineração Caraiba, arquivou em setembro de 2017, na Bolsa de Toronto (TVX) o seu primeiro relatório de declaração de recursos e reservas dos depósitos do vale do Curaça,, e estimou o preço do cobre a longo prazo em US\$6 060/t Cu, e a Jangada Mines (<http://www.jangadamines.com>), que está estudando o depósito poli-metálico de Pedra Branca

no Ceará, declarou em outubro, em estudo a nível conceitual, na bolsa de Londres (AIM) o preço de Co em US\$ US\$ 60 500/t Co,

5.1 Cobre

O cobre é uma commodity, e por definição, tem os preços definidos em função das condições de oferta e demanda mundial. O preço do cobre é definido por três bolsas (mercados) localizadas ao redor do mundo:

- The London Metal Exchange (LME).
- Shanghai Futures Exchange (SHFE).
- Commodity Exchange Inc (COMEX), que integra a New York Mercantile Exchange (NYMEX).

Cada bolsa tem o seu estoque de metal transacionado, e cotação específica, cabendo destacar que a LME tem o maior estoque entre as três bolsas citadas. Cabe observar que a cotação do cobre nas bolsas refere-se ao catodo de cobre (99.99% Cu), e que as cotações de concentrado de cobre dependem de condições dos mercados locais/regionais, de oferta de concentrado pelas minas e demanda pelos smelters.

O cobre é empregado em uma enorme gama de aplicações nos mais diferentes setores, mas alguns setores respondem pela maior parte do consumo: indústria elétrica e eletrônica, engenharia industrial, construção civil, e transporte. Cabendo destacar que a construção civil e indústria eletro-eletrônica respondem por mais de 60% do consumo mundial do metal. O padrão de consumo do cobre, em seus diferentes usos finais, varia de país para país em função do estágio de desenvolvimento, da maturidade econômica e do impacto do setor exportador na economia de cada um deles.

A análise das perspectivas do mercado do cobre requer, portanto, uma análise a nível mundial, considerando diversos fatores, como disponibilidade de reservas, projeções da produção mineral e demanda para os diferentes produtos nas diferentes regiões. O texto a seguir apresentará um breve resumo dos principais fatores que influenciam o mercado, incluindo reservas mundiais, produção e capacidade das minas, consumo mundial de concentrado e cobre refinado, e por fim análise do mercado específico para a produção de Bom Jardim, bem como projeções de preço.

De acordo com o Banco Mundial, o consumo mundial de cobre atingiu 23 milhões de toneladas em 2016, apresentando um crescimento da ordem de 130% no período de 26 anos, partindo de um patamar de 9,8 milhões em 1990. Cabe observar que a crise econômica mundial, iniciada em 2008 não alterou a tendência de crescimento acelerado da demanda de cobre no mundo. Outro aspecto que chama a atenção é o crescimento da participação relativa da China, que era da ordem de 3% em 1980 e atingiu 50% do consumo mundial em 2016. A participação brasileira mudou pouco no período, variando de 2,4% em 1980 para aproximadamente 2% em 2016.

O consumo de cobre metálico no Brasil, em 2014, foi estimado em 390 mil toneladas (DNPM 2015), e está diretamente relacionado à fabricação de condutores elétricos, semimanufaturados e outros produtos de cobre. Cabe registrar que houve uma queda da demanda de 7,9 % em relação ao consumo de 2013, provavelmente em função da crise econômica. O consumo per capita brasileiro apresentou, em 2014, um índice de 2,1 kg/hab.. No mesmo período, o Brasil importou 496.331 toneladas de bens primários de minério e/ou concentrado de cobre, equivalentes a 148.403 t em metal contido, e exportou um total de 855.527 t de bens primários de cobre, equivalente a 239.548 t de cobre contido

O mercado interno é abastecido, principalmente, pela Caraíba Metais, (catodos, vergalhões e fios trefilados), e por importações sob diversas formas, principalmente catodo.

O preço do cobre nos cinco anos anteriores a 2016 estava com tendência descendente, em resposta, muitos produtores de cobre concentraram-se na otimização das operações existentes, reduzindo o investimento em expansões e projetos de desenvolvimento. Isso, por sua vez levou a uma desaceleração no aumento da oferta, que, combinada com taxas de crescimento, mesmo moderadas na demanda, serviu para orientar o mercado para um déficit de cobre que se aproxima. O desequilíbrio oferta-demanda provavelmente será exacerbado pelos longos prazos necessários para permitir e construir novas minas de cobre.

A falta de novas minas de cobre a entrar em operação nos próximos anos significa que é improvável uma rápida resposta da oferta face à demanda crescente, mesmo que com taxas moderadas. Além disso, em seu relatório intitulado "Perspectiva de longo prazo Q1 2017 global do cobre", Wood Mackenzie identifica os riscos para as fontes de cobre existentes, assim como declínios da oferta, por razão de interrupções do fornecimento nas operações existentes, desafios técnicos em projetos em desenvolvimento e orçamentos de exploração historicamente baixos, que vem contribuindo para a resposta lenta e declínio da oferta.

A médio ou longo prazo, o fornecimento cobre na mineração, incluindo as minas previstas para entrar em produção, será apenas suficiente para substituir as operações de que estão declinando.

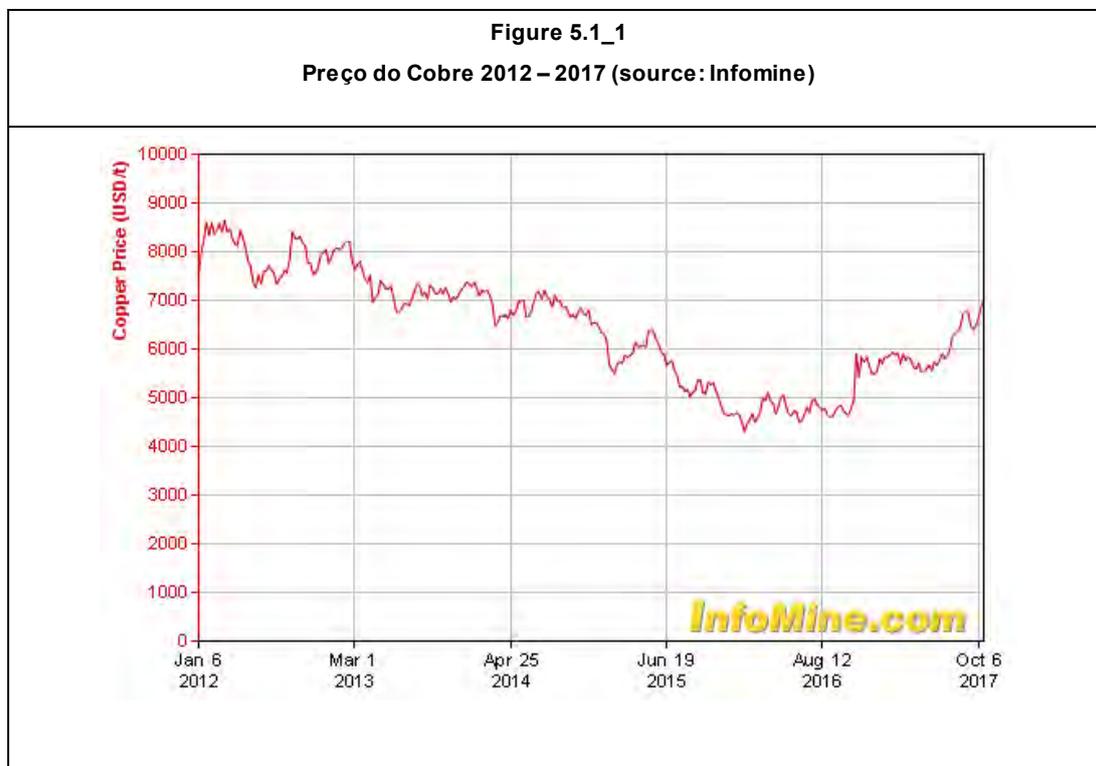
Importante salientar que mesmo, o novo incremento em fornecimento das minas não está garantido, pois a maioria dos projetos permanece sujeita a permitir, engenharia ou exigir maiores preços de metal para justificar a economia do desenvolvimento.

A Wood Mackenzie antecipa que o crescimento da demanda de cobre continuará a uma taxa de 1,2% a 1,8% ao ano durante a próxima década, impulsionada principalmente pelo crescimento contínuo da China e de outros mercados emergentes na Ásia. No ambiente de mercado atual, os concentrados de cobre premium, com alto teor de cobre e baixos níveis de elementos de penalidade, deverão ser atraentes tanto para fundições como para comerciantes de metais.

Segundo os analistas, o crescimento sincronizado das maiores economias do mundo, as rupturas na produção de algumas minas no início do ano e as expectativas de um déficit global são os principais motivos do aumento atual do preço do cobre. No início de outubro (2017), a comissão de cobre chilena (Cochilco), órgão governante que regula e controla a produção de

cobre no Chile, o maior produtor do mundo, elevou as projeções de seus preços e previu um déficit de produto em 2018.

GE21 com base em dados de outras companhias mineradoras de cobre, assumiu o preço de US\$6500/t no produto de cobre, entendendo que é uma abordagem conservadora quando comparado ao crescimento que o Wood Mackenzie antecipa para os próximos anos. A Figura 5.1_1 mostra o preço do cobre nos últimos cinco anos e a atual tendência crescente.



5.2 Cobalto

A ocorrência de cobalto, associado a mineralização de cobre, abre novas perspectivas para a viabilidade da jazida de Bom Jardim. O mercado de cobalto teve alterações significativas nos últimos dois anos, após longo período de excesso de oferta e preços baixos. No período entre 2011 e o início de 2016, os preços do catodo de cobalto oscilaram na faixa de US\$10 a US\$ 15 por libra ¹. Desde então, tiveram alta significativa, atingindo US\$30 por libra nas últimas semanas. Diversos estudos setoriais indicam que o preço do cobalto pode atingir novos patamares, em função da demanda crescente e incertezas no suprimento.

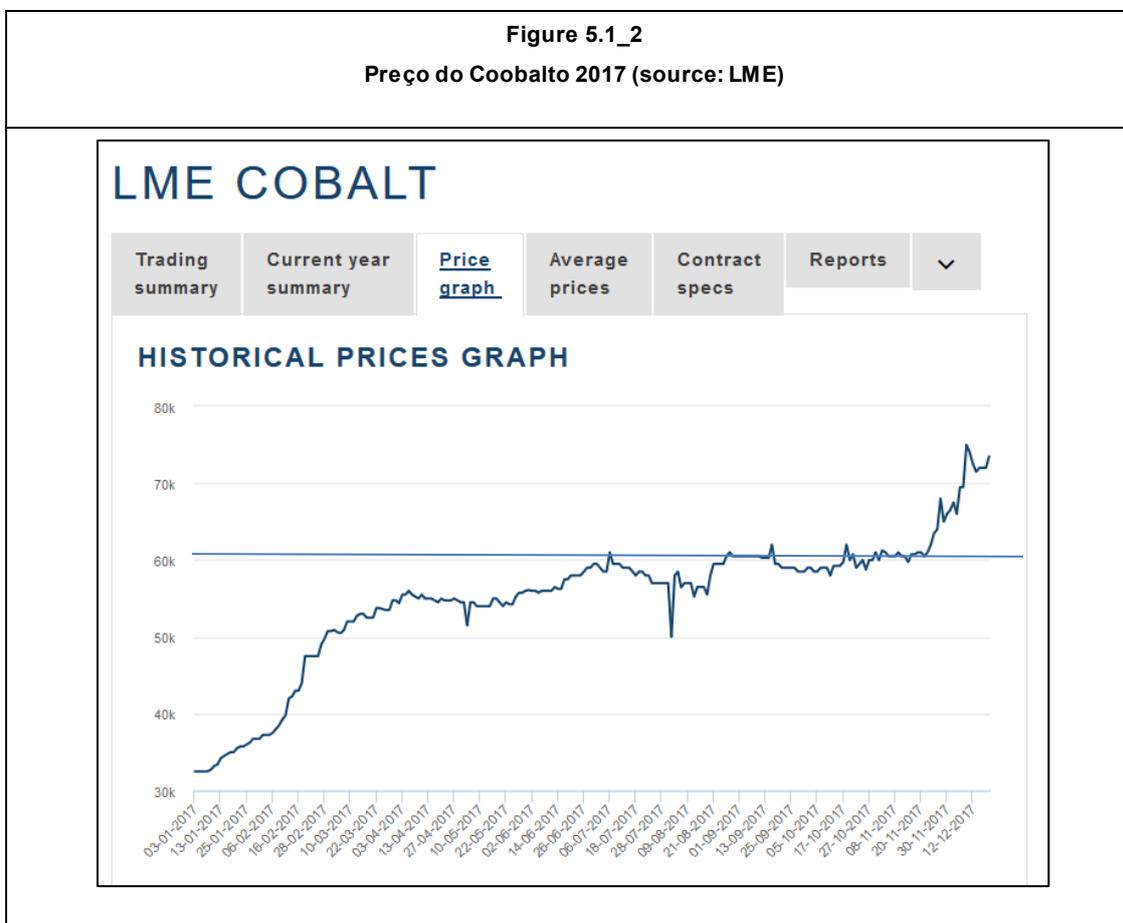
O cobalto é essencial para produção de baterias de lítio (íon), além do uso em ligas metalúrgicas de alta performance, fabricação de ferramentas e catalizadores. No entanto, o uso em baterias, principalmente para veículos elétricos, destaca-se como o principal motor de crescimento da demanda, que ficou na ordem de 6%/ano, nos últimos anos. Alguns estudos consideram que a evolução do setor automotivo, migração para carros elétricos e híbridos, demandando a abertura grandes fabricas de baterias⁵, pode gerar taxas de crescimento ainda maiores, na ordem de 25%/ano no período de 2016 a 2030.

⁵ Como a fábrica da Tesla nos Estados Unidos.

Por outro lado, as condições para aumento da oferta não são favoráveis. O principal país produtor, República Democrática do Congo⁶, é marcado por grande instabilidade política, carência de infraestrutura e condições precárias de direitos humanos⁷. Além disso, parte significativa da produção de cobalto ocorre na forma de produto associado (by-product), principalmente nas minas de cobre e níquel, dificultando a resposta do setor produtivo a aumentos de demanda.

O preço de longo prazo do cobalto, estimado na ordem de US\$60.000/t Co foi baseado na curva de preços obtida no site do London Metal Exchange, figura 5.1_2, o qual historicamente se apresentava abaixo de US\$ 30.000/t Co e este ano experimentou uma elevação expressiva, situando-se no início do quarto trimestre em com valor superior a US\$ 70.000/t Co.

Em suma, o recente aumento dos preços do cobalto reflete o crescimento da demanda do metal e barreiras para aumento de produção, sinalizando condições muito favoráveis de preços, a médio e longo prazos. Recomenda-se, portanto, estudos específicos sobre a ocorrência de cobalto na jazida, bem como a análise preliminar dos métodos e custos de concentração. A produção de cobalto em Bom Jardim pode ser relevante na viabilidade da jazida.



⁶ Aproximadamente 60% da produção mundial.

⁷ Grandes fabricantes de eletrônicos tem colocado restrições ao cobalto oriundo da RDC, devido as condições de trabalho e gestão ambiental nas minas.

6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO CONCEITUAL REVISADO

Com a revisão do estudo conceitual com uso do modelo de blocos de Bom Jardim atualizado com inclusão de valores <0,2% Cu, além dos subprodutos de Cobalto e Ouro, houve uma melhora dos indicadores econômicos.

Com as informações atuais e considerando parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar, a cava ótima selecionada apresentou um quantitativo de material mineralizado da ordem de 3Mt @0,57% Coe com uma produção total de 52kt de concentrado @27% Coe e uma REM superior a 4:1.

O estudo econômico, porém, ainda indica um projeto economicamente pouco atrativo com baixos valores de VPL (a 8% a.a. com US\$3,04 milhões).

6.1 Sobre o Estágio do Projeto

O estudo técnico- econômico conceitual revisado, mesmo considerando a atualização do modelo de blocos de Bom Jardim pela CPRM, incluindo também os valores < 0,2 % Cu e os subprodutos Cobalto e Ouro, conclui que o Projeto Cobre Bom Jardim não está maduro para ser implantado, vis a vis, o atual quadro de recursos, e as suas condições técnicas e econômicas de baixa atratividade econômica.

Conclui-se que são necessários mais investimentos em pesquisa mineral para possibilitar o aumento qualitativo e quantitativo dos seus recursos minerais para que o projeto possa tornar-se um projeto viável economicamente.

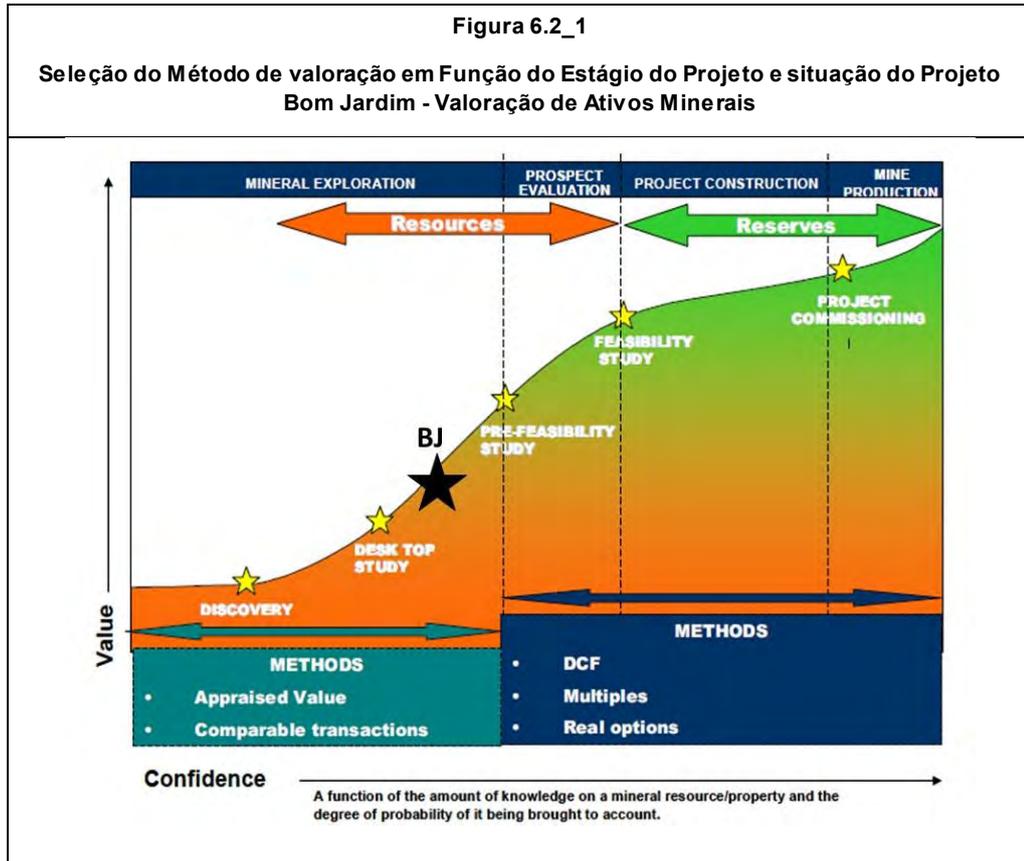
6.2 Sobre a Valoração do Depósito

Os modelos de valoração, utilizados em países de elevada tradição mineira, como Austrália e Canadá, seguem padrões técnicos estabelecidos por Códigos de Práticas de Valoração, como o Valmin (*Australasian Code for the Public Reporting of Technical Assessments and Valuations of Mineral Assets*) e o CIMVAL (*Special Committee on Valuation of Mineral Properties*). Ambos visam regular a forma de valorar depósitos minerais, de forma objetiva, visando garantir a adequada declaração do valor de patrimônio mineral junto a Instituições Financeiras e Bolsa De Valores

O método utilizado para avaliar uma empresa de mineração depende do estágio atual da empresa dentro do ciclo de vida de mineração (Figura 6_2_1).

Para os empreendimentos no início do ciclo, uma vez que a vida útil, reserva e teor, etc. não são conhecidos, a maneira ideal é o *Cost Approach*. Para as empresas que estão em fase mais avançadas de exploração ou produção, pode-se usar o valor do ativo líquido.

Neste sentido, os estudos conceituais efetuados indicam para o Projeto Bom Jardim um valor de ativo em torno de US\$ 3 milhões, assumindo- se uma variação de até 50%.



Considerando-se que algumas zonas enriquecidas identificadas, a exemplo dos furos BJ14 e BJ29, ainda estão abertos em profundidade, conclui-se de que existe potencial tanto de melhora de teor médio como também de aumento dos recursos minerais do projeto, fazendo com que nos dois casos possa haver melhora dos indicadores econômicos.

Considerando esses dados e o contexto geológico existente com potencialidade ainda em aberto, entende-se que o projeto pode se tornar um alvo de exploração de interesse.

Dessa forma, a GE21 recomenda que o projeto seja oferecido como um prospecto de exploração avançado para desenvolvimento em 2 Fases sequenciais, a saber:

- Fase 01 – realização de uma pesquisa complementar, com base em um investimento mínimo inicial e com a opção de desistência de continuidade do projeto;
- Fase 02 – em caso de resultados positivos, desenvolvimento e implantação de um empreendimento mineral.

7 PESQUISA COMPLEMENTAR

7.1 Introdução

Embora a CPRM tenha aplicado amplamente mapeamento geológico, prospecção geoquímica, geofísica e sondagem para a avaliação prévia dos recursos minerais, considerando

os resultados obtidos, conclui-se, porém, que a mineralização ainda demonstra potencial aberto em profundidade e ao longo do *strike*, considerando -se necessário aprofundar mais os estudos geológicos e um programa de sondagem complementar tipo de detalhamento das seções (Infill) e também exploratória para melhor avaliar as potenciais extensões e a geometria dos recursos, e, dessa forma, permitir a reavaliação do ativo mineral.

Igualmente, observa-se a presença de cobre com o subproduto cobalto, sendo que este último sofreu uma fortíssima valorização no mercado mundial nos últimos anos. Tudo isso indica ainda potencialidade para um crescimento dos recursos e, assim, um aproveitamento econômico do cobre e associados do Projeto Bom Jardim.

Uma pesquisa complementar também permitirá melhor classificação dos recursos em medidos e indicados, já que ainda é observada uma distribuição muito irregular das sondagens, implicando em uma baixa confiabilidade dos recursos estimados no depósito. Esta classificação dos recursos minerais como medido e/ou indicado, possibilitará, conforme preconizados pelos códigos internacionais como o JORC Code e o CIM NI43-101, a declaração de reservas minerais.

7.2 Programa de Pesquisa Complementar Mínimo Recomendado – Fase 01

Para a Fase 1 de pesquisa complementar, visando ampliar o entendimento geológico e prospectivo de detalhe e a realização de uma campanha de sondagem complementar estima-se um prazo máximo de até 18 meses, considerando o seguinte escopo:

- a) Etapa 1 – Prazo estimado de 4 a 8 (quatro a oito) meses, envolvendo o detalhamento e levantamento de dados geológicos-prospectivos complementares:
- b) Detalhamento do mapeamento geológico e estrutural da área com registro de todos os afloramentos;
- c) Abertura de algumas trincheiras e poços localizados para entendimento complementar, caracterização do perfil vertical de intemperismo e sua influência na geoquímica de solo;
- d) Levantamento detalhe e semi detalhe de geoquímica de solo e rocha, com análise multi-elementar em toda a propriedade (estima-se cerca de 1.500 amostras);
- e) Verificar, a partir dos testemunhos de sondagem, um possível zoneamento geológico/geoquímico de alteração hidrotermal e reinterpretação dos perfis de sondagem;
- f) Levantamentos geofísicos:
 - i. Petrofísica de condutividade e susceptibilidade magnética;
 - ii. Levantamento de IP/Res com dipolos máximos de 50 metros nas principais anomalias geoquímicas, ou zonas que apresentem

interesse geológico/prospectivo, para profundidades de até 200 metros. Caso a sondagem complementar indique continuidade mais profunda realizar um IP profundo; estima-se 30km lineares de levantamento de IP;

- iii. Em caso de estudo mais regional, levantamento aéreo de HTEM ou VTEM com 250 metros para identificar zonas com sulfeto maciço dentro da sequência vulcano- sedimentar, com levantamento de TDEM para follow up nas zonas anômalas;
- g) Reinterpretação de seções geológicas e elaboração de algumas seções geológicas horizontais;
- h) Elaboração de plano de sondagem complementar (Figura 7.2_1);
- i) Etapa 2 – Prazo estimado de 6 a 10 meses para a execução de sondagem complementar, considerando-se um mínimo de 2.650 m lineares, estimando-se:
 - o Cerca de 1.400 m com sondagem para detalhamento de algumas seções (Tabela 7.2_2), tipo *infill*
 - o Cerca de 1.250m para execução de sondagem exploratória para avaliação de extensões em profundidade *downdip* (700m) e de extensões segundo o *strike* (550m).

Etapa 3 – Prazo estimado em 1 a 4 meses. Detalhamento dos dados e avaliação para suportar uma decisão de continuidade ou não do projeto:

- a) Caso negativo – elaboração de Relatório Final com atualização dos recursos e descrição dos trabalhos
- b) Caso positivo – continuidade de sondagem e reavaliação de recursos minerais até a elaboração de Relatório Final de Pesquisa.

Figura 7.2_1

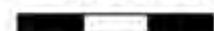
Mapa do Plano Preliminar de Sondagem Complementar Mínima Tipo Detalhamento de Secções (Infill)



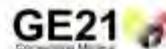
Legenda

- Furos realizados CPRM
- ◆ Furos sugeridos - 1 a 8
- Anomalia geoquímica de cobre
- DNPM

0 100 200 300 m



Datum SIRGAS 2000



Número de Furo	Metragem Linear Estimada (M)
1	150
2	275
3	200
4	125
5	100
6	225
7	125
8	200

7.3 Estimativa de Orçamento e Cronograma de Execução da Pesquisa Complementar Mínima Recomendada

A Tabela 7.3_1 apresenta um cronograma básico para a pesquisa complementar no prazo de até 18 meses.

FASE 1 PESQUISA COMPLEMENTAR MINIMA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Item a Realizar/ Meses																			
Etapa 1	Detalhamento e levantamento de Dados Geológicos- Prospectivos Complementares																		
a	Mobilização	XXX																	
b	Detalhamento do mapeamento geológico e estrutural			XXX	XXX														
c	Abertura de trincheira e poços					XXX	XXX	XXX											
d	Avaliação Zoneamento de alteração hidrotermal - Redescricao Testemunhos							XXX	XXX	XXX									
e	Geoquímica de solo							XXX	XXX	XXX	XXX								
f	Petrofísica- Condutividade e Suceptibilidade Magnética					XXX	XXX												
g	Levantamento Geofísico- IP e Outros							XXX	XXX	XXX	XXX								
h	Reinterpretação Seções Verticais e Horizontais									XXX	XXX	XXX							
i	Plano de Sondagem Complementar							XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX						
Etapa 2	Sondagem Complementar (de 2.650M) para Detalhamento e Exploratória																		
Etapa 3	Avaliação de Continuidade e Relatório																		
Positivo ?	Continuidade Pesquisa																		

A empresa selecionada por licitação, deverá apresentar a CPRM um relatório parcial, em caso de decisão de continuidade, ou final, em caso de desistência, até o prazo de 18 (dezoito) meses após contratação.

Em ambos os casos, a empresa deverá apresentar uma revisão da estimativa de recursos, com base nas melhores práticas de mercado preconizadas pelos principais códigos internacionais.

Em caso de decisão pela continuidade, a empresa deverá elaborar estudos que comprovam a viabilidade econômica do empreendimento.

Independente da avaliação final do depósito quanto a sua viabilidade econômica ser positiva ou não, deverá ser apresentado à CPRM um relatório com todos os trabalhos desenvolvidos e resultados obtidos. Os dados deverão ser entregues na sua totalidade.

A proposta de pesquisa deverá estar compatibilizada com as exigências da legislação brasileira à época.

A execução do programa de pesquisa complementar abrange, também, a realização de estudos ambientais e a elaboração de relatórios eventualmente exigidos pelo órgão ambiental competente, visando à obtenção de Licenças Ambientais necessárias à outorga das Portaria e Concessão de Lavra.

O orçamento estimado para a realização da pesquisa complementar mínima, em um programa de até 18 meses de trabalho é estimado em R\$2,2 milhões (Tabela 7.4_1). Este orçamento está baseado em valores de mercado considerando a data deste documento.

Tabela 7.3_2
Orçamento Estimado para a Pesquisa Complementar

ORÇAMENTO DA PESQUISA COMPLEMENTAR					
ETAPA 01					
Fase 1	Detalhamento e levantamento de Dados Geológicos- Prospectivos Complementares	Quantitativo	Unidada	Valor R\$	Total R\$
a	Equipe Base e Infra-estrutura de Pesquisa	15	mês	50.000	750.000
b	Abertura de trincheira e poços	verba	uni	40.000	40.000
c	Redescrição Testemunhos e Interpretação	verba	uni	25.000	25.000
e	Geoquímica de solo Detalhe e semi-detálhe	1000	uni	98	98.000
f	Levantamento Geofísico- IP e Outros	30 km IP	km	7.000	210.000
g	Reinterpretação Seções Verticais e Horizontais	verba	uni	20.000	20.000
Fase 2	Sondagem Mínima- 2500 m	2650m	m	380	1.007.000
Fase 3	Avaliação de Continuidade e Relatório	verba	uni	50.000	50.000
					R\$2.200.000

7.4 Programa de Pesquisa Complementar – Fase 2

Uma vez que o interessado tenha concluído a fase de pesquisa mínima inicial e ter tomado a opção de manter o interesse no desenvolvimento do empreendimento, o mesmo deverá dar imediata continuidade aos trabalhos de desenvolvimento do projeto, em total concordância com as exigências do DNPM e dos Órgãos Ambientais, executando, ente outras atividades, o seguinte:

- a) A complementação dos trabalhos de sondagem e executar uma estimativa de recursos e classificação das mesmas segundo o padrão de melhores práticas internacionais, tais como o CBRR (Comissão Brasileira de Recursos e Reservas).

- b) Trabalhos de testes de bancada e piloto de desenvolvimento de processamento mineral.
- c) Estudos de mercado para os produtos a serem comercializados.
- d) Estudos técnicos e elaboração de documentos com vistas ao Licenciamento Ambiental.
- e) Emissão de um Relatório de Reavaliação de Reservas.
- f) Trabalhos de testes de bancada e piloto de desenvolvimento de processamento mineral.
- g) Estudos de mercado para os produtos a serem comercializados.
- h) Estudos técnicos e elaboração de documentos com vistas ao Licenciamento Ambiental.
- i) Emissão de um Relatório de Reavaliação de Reservas.

Considerando o atual estágio do projeto e os riscos associados, recomenda-se o formato de licitação por meio da cessão dos direitos minerários com pagamento de um sinal, de prêmios de oportunidade e de *royalty*.

Objetivando apresentar à CPRM a alternativa mais coerente, a GE21 avaliou uma faixa de variação entre os valores de prêmio e *royalty*.

8 FORMATO DE LICITAÇÃO SUGERIDO

8.1 Pagamento de Sinal e de Prêmio de Oportunidade

Recomenda-se a cobrança de sinal no ato da assinatura do contrato e de um prêmio de oportunidade a ser cobrado em 2 parcelas iguais, ambos em moeda corrente.

A primeira parcela do prêmio de oportunidade seria paga logo após a decisão de continuidade do projeto e a realização do programa de pesquisa complementar, ou seja, após os 18 meses iniciais contados a partir da assinatura do contrato. Este prazo obrigará o interessado a alcançar, em até os 18 meses de trabalho de pesquisa complementar, uma base de informações adicionais que permita, de fato, uma tomada de decisão de *go no go*. O interessado poderá considerar o valor do prêmio no fluxo de caixa de investimento do projeto e não no programa de pesquisa mínimo.

A segunda parcela seria paga após os 36 (trinta e seis) meses do contrato contados a partir da assinatura do contrato.

Sugere-se que o valor do prêmio seja balizado pelo investimento realizado pela CPRM em sondagem no projeto, em caráter de ressarcimento. Segundo o documento “RELATÓRIO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL”, a CPRM executou 29 furos totalizando 6.725,40m lineares de sondagem rotativa diamantada testemunhada. Considerando um valor médio de R\$

300 por metro de sondagem diamantada, o valor total investido foi de R\$2.000.000 (dois milhões de reais).

A GE21, para maior flexibilidade da CPRM, sugere 2 opções de pagamentos do prêmio, uma primeira considerando 50% do valor da estimativa do total investido e uma segunda considerando o valor total. Ambas opções podem ser ajustadas com variações no *royalty* futuro (Tabela 8.1_1).

Tabela 8.1_1			
Sugestão de Valores do Prêmio e Pagamento			
Pagamento	Evento	Valor Sugerido R\$ mil	
		Opção I	Opção II
Sinal	Assinatura de Opção de Arrendamento	R\$50	R\$50
Após 18 meses	Decisão de Continuidade de Investimento e Finalização de Pesquisa Mínima Complementar	R\$300	R\$750
Após 36 meses	Após o prazo de 36 meses com entrega de Relatório de Reavaliação de Reservas	R\$650	R\$1.200
	Total de prêmio	R\$1.000	R\$2.000

8.2 Pagamento de *Royalty*

O *royalty* é aqui definido como a quantia a ser paga à CPRM, em moeda corrente nacional, pelo arrendamento do direito minerário do Projeto Bom Jardim. O *royalty* é expresso em percentual do valor bruto de vendas, seja cobre ou seus metais associados.

A GE21 realizou duas avaliações econômicas para balizar um valor justo de *Royalty* face ao estágio do Projeto. Em ambos se utilizou como base o fluxo de caixa gerado pelo estudo econômico conceitual realizado (Tabela 4.9.1_1):

- **Avaliação com base no peso do *Royalty* sobre o potencial retorno do Projeto:**

A avaliação do atual fluxo de caixa (Tabela 4.9.1_1) do projeto conceitual demonstra a variação do peso do *royalty* entre 0,5 % a 2 % equivalente em percentagem do lucro líquido do Projeto (Tabela 8.2_1, abaixo).

Tabela 8.2_1				
Peso do <i>Royalty</i> equivalente ao Lucro Líquido do Projeto BJ – Estudo Conceitual				
Royalty (%)	0,50	1,00	1,50	2,00
Valor Receita (US\$ mi)	0,4315	0,863	1,2945	1,726
Equivalente % Sobre Lucro Líquido	4,8%	9,7%	14,5%	19,4%

Observa-se que a estimativa de *royalty* entre 0,5 a 2% sobre a receita bruta nas condições do estudo conceitual revisado equivale entre 5 a 20% de participação no fluxo de caixa líquido. Nesse sentido, considerando o nível de risco ainda elevado do Projeto, a GE21 entende

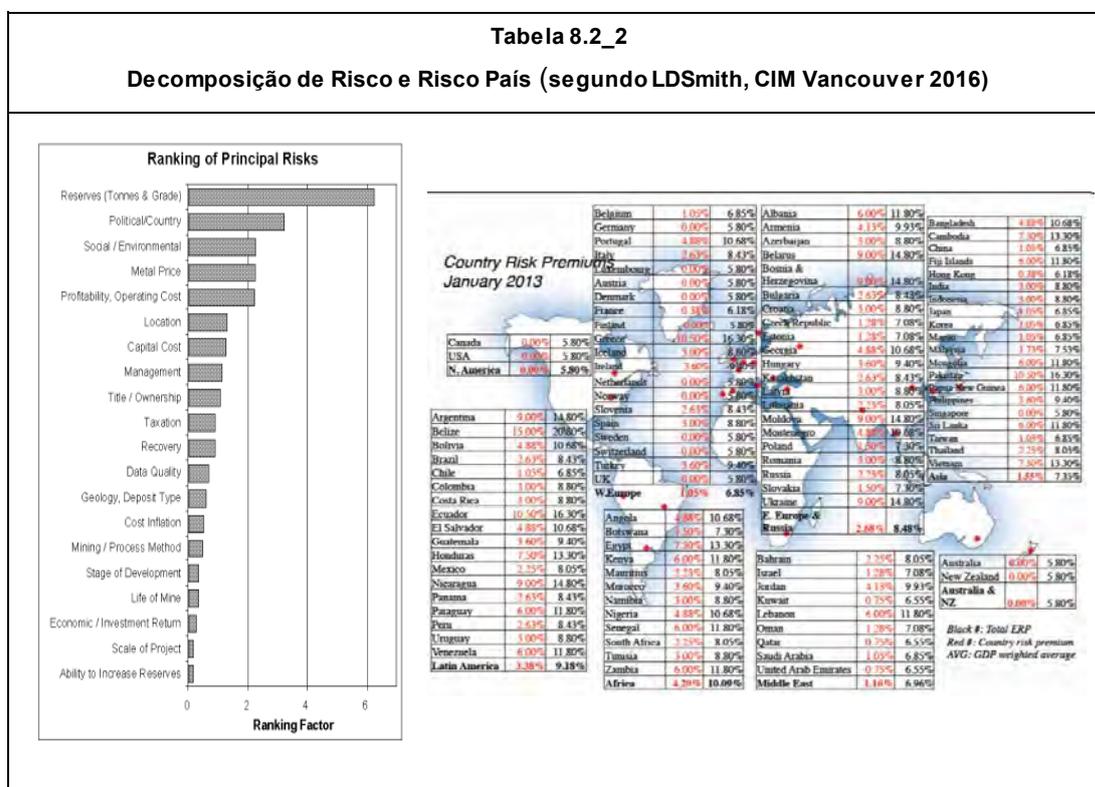
de que o valor de 1% de royalty sobre o valor das vendas seria um balizador de um percentual aceitável e razoável para ser usado como referência pela CPRM, já que resultaria em algo próximo a 10% de participação no resultado líquido.

- **Avaliação do Royalty com base na Taxa de Desconto (Risco)**

Para a avaliação e determinação de *Royalty* mais apropriado do Projeto avaliou-se também o método DCF (Fluxo de Caixa Descontado) conforme dados financeiros elaborados pelo estudo conceitual da Tabela 4.9.1_1, sendo definida a taxa de desconto (WACC) de acordo com a classe de risco atual do empreendimento.

A taxa de risco, aqui confundida propositamente com a taxa de desconto, foi definida com base no trabalho desenvolvido por Lawrence Devon Smith, da Rio Algom Limited, e publicado no Mineral Resources – Reserves and Valuation Standards - Special Volume 56, editado pelo CIM – Canadian Institute of Mining and Metallurgy – Special Volume 56.

Observa-se de que os fatores reservam mineral e risco país representam os maiores riscos nesta avaliação, além de ambiente social e ambiental, preço de metais e custos operacionais.



Na Tabela 8.2_3 abaixo apresenta-se uma estimativa detalhada da Taxa de Desconto baseado nos riscos do Projeto Bom Jardim, baseado nos conceitos de LDSmith e praticado a nível internacional.

Esta taxa foi estimada em 12,63 % ao ano.

Tabela 8.2_3
Estimativa de Taxa de Desconto (Risco) do Projeto Bom Jardim

Classe de Risco	Composição Taxa de Desconto (%)	Obs.
Reservas	4,5	Inferidas
Pais	2,63	Risco Brasil 2,63 (1)
Social/Ambiental	0,25	Medio
Preço	0,5	Tendencia Estavel a crescente
Custo Operacional	0,5	Conceitual
Localização/Infra	0,1	Regiao em desenvolvimento
Custo Capital	1	Conceitual
Propriedade	0,05	Risco Baixo
Taxas	0,1	Risco Mudanças Taxas
Recuperação	0,1	Conceitual
Qualidade Dados	0,25	Moderado
Geologia	0,1	Basico
Inflação	0	Não considerada
Metod de Lavra/Processo	0,2	Conceitual
Estagio de Processo	0,2	Conceitual
Vida da Mina	0,05	Pequeno
Retorno de Investimento	1	Baixo Capex/ Pequena Operação
Escala de Projeto	0,1	Conceitual
Reposição Reservas	1	Conceitual /Pequena operação
TOTAL (%)	12,63	

(1) Taxa Brasil segundo Estudo de LDSmith, CIM Vancouver 2016

A tabela 8.2_4 abaixo por sua vez apresenta os valores do VPL e os seu Royalty equivalente estimados com base na análise financeira do Projeto Conceitual.

Observa-se de que a taxa de risco estimada de 12,63% a.a indica um *Royalty* na ordem de 0,5% equivalente (Tabela 8.2_4).

Tabela 8.2_4
Varição de Taxa de Desconto, de VPL e os seu Royalty equivalente estimados com base na análise financeira do Projeto Conceitual

	VPL	Receita Bruta US\$ mi	Royalty Equivalente %	Classificação da Taxa de Risco
VPL (WACC = 13%)	0,34	86,3	0,4%	12,63%
VPL (WACC = 12%)	0,84	86,3	1,0%	
VPL (WACC = 11%)	1,36	86,3	1,6%	
VPL (WACC = 10%)	1,89	86,3	2,2%	
VPL (WACC = 9%)	2,45	86,3	2,8%	
VPL (WACC = 8%)	3,04	86,3	3,5%	

Considerando as duas opções de pagamento de prêmio (Tabela 8.1_1), e a avaliação de um Royalty compatível com o risco do projeto, tendo o projeto conceitual como referência, a GE21 recomenda um Royalty na ordem de 0,4% a 1% sobre a Receita Bruta, e um Prêmio em 2 (duas) parcelas entre R\$ 1 e 2 milhões.

A Tabela 8.2.5 sumariza o modelo de negócio com base em licitação recomendado pela GE21.

Tabela 8.2_5

Evolução do Prêmio Total em Função do Royalty

Royalty		Prêmio			Total		
%	R\$ mi	de R\$ mi até		de R\$ mi até			
0.4	1.10	1.00	a	2.00	2.10	a	3.10
0.5	1.38	1.00	a	2.00	2.38	a	3.38
0.6	1.66	1.00	a	2.00	2.66	a	3.66
0.7	1.93	1.00	a	2.00	2.93	a	3.93
0.8	2.21	1.00	a	2.00	3.21	a	4.21
0.9	2.49	1.00	a	2.00	3.49	a	4.49
1	2.76	1.00	a	2.00	3.76	a	4.76
1.1	3.04	1.00	a	2.00	4.04	a	5.04
1.2	3.31	1.00	a	2.00	4.31	a	5.31
1.3	3.59	1.00	a	2.00	4.59	a	5.59
1.4	3.87	1.00	a	2.00	4.87	a	5.87
1.5	4.14	1.00	a	2.00	5.14	a	6.14
1.6	4.42	1.00	a	2.00	5.42	a	6.42
1.7	4.69	1.00	a	2.00	5.69	a	6.69
1.8	4.97	1.00	a	2.00	5.97	a	6.97
1.9	5.25	1.00	a	2.00	6.25	a	7.25
2	5.52	1.00	a	2.00	6.52	a	7.52
2.1	5.80	1.00	a	2.00	6.80	a	7.80
2.2	6.08	1.00	a	2.00	7.08	a	8.08



Tabela- com base na Receita Bruta Total de US\$ 86,30; 1 US\$ - R\$ 3,2

* A GE21 recomenda um Royalty na ordem de 0,4 a 1% sobre a Receita Bruta, e um Prêmio em 2 (duas) parcelas entre R\$ 1 e 2 milhões**

8.3 Sobre Áreas Adicionais Requeridas na Vizinhança

Recomenda-se ainda, caso o interessado requeira novas áreas localizadas na vizinhança do atual projeto a uma distância contida em um raio de até 10km do centroide do Alvo01 do Projeto Bom Jardim, que estas novas áreas sejam incorporadas ao acordo com a CPRM.

Ressalte-se que essa recomendação refere-se apenas a Novas Áreas Requeridas em data após o acordo com o vencedor da licitação. Possíveis áreas que o futuro parceiro possa negociar com terceiros naturalmente não entrariam no acordo.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Sobre a Avaliação Econômica Inicial

A avaliação econômica do Projeto Cobre de Bom Jardim, realizado pela GE21 na primeira etapa do Processo No 081/DEAMP/2017, Contrato No 061/PR/17, a nível conceitual e com base nos recursos oficiais de Cobre apresentados pela CPRM, considerando parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar, com lavra a céu aberto, apresentou um quantitativo de material mineralizado lavrável de apenas 1.7Mt @0.49% Cu, totalizando 26kt de concentrado @27% Cu (cerca de 18 milhões de libras de cobre contido) e uma REM superior a 6:1.

Mesmo considerando parâmetros otimistas, estes resultados não se mostram atrativos para um empreendimento mineiro, pois considerando uma taxa de produção de 500ktpa, a vida da mina seria inferior a 4 anos, além de apresentar elevada relação de Estéril/Minério.

Sobre Avaliação de Alternativas e Reavaliação Econômica

Após reunião com a equipe CPRM e com o objetivo de buscar opções alternativas para a valorização do Projeto, decidiu-se por uma reavaliação expedita dos dados de pesquisa e do modelo geológico. Neste sentido a GE21 levantou algumas informações complementares sobre o depósito que sustentam uma potencialidade ainda aberta para a ampliação de seus recursos minerais caso a sua pesquisa seja retomada, ressaltando-se:

- a) A possibilidade de uma reinterpretação da configuração espacial das zonas mineralizadas que poderia favorecer a sua ampliação.
- b) A presença do subproduto de Cobalto em quantidades que poderão valorizar o depósito.
- c) A presença de zonas de ore-shoot enriquecidos e abertos em profundidade.

Desta forma a CPRM decidiu em realizar uma atualização do modelo de blocos do depósito com inclusão dos valores de Cobalto e Ouro e também dos valores <0,2% de Cobre.

Com o objetivo de verificar a situação de viabilidade econômica do depósito nesta nova situação, a GE21 realizou uma revisão do estudo econômico conceitual, considerando

parâmetros técnico-econômicos de projetos de porte similar e uma nova cava ótima selecionada. Embora que nesta nova situação os indicadores econômicos melhoraram, com um Valor Presente Líquido (VPL) de US\$3M (WACC @8%) e uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 13,7%, os mesmos ainda se demonstram pouco atrativos.

Sobre o Estágio Atual do Projeto

Desta forma a GE21 concluiu de que o Projeto Cobre Bom Jardim não está maduro suficiente para ser implantado devido ao seu atual quadro de recursos e as suas condições técnicas e econômicas. Entende-se que o projeto ainda se encontra em um estágio de transição de nível de *Desktop Study* para a Pré-Viabilidade Econômica e os estudos conceituais efetuados indicam para o projeto um valor de ativo estimado em torno de US\$3 milhões, assumindo-se uma variação de $\pm 50\%$.

Por outro lado, tendo em vista uma potencialidade ainda em aberto no Projeto, conclui-se de que o mesmo pode tornar-se um alvo de exploração de interesse e com méritos para novos investimentos em uma pesquisa complementar para detalhamento e avaliação das possíveis extensões das zonas mineralizadas.

Sobre a Pesquisa Mínima como Alternativa de Prospecto de Exploração

Recomenda-se que o projeto seja oferecido como um prospecto de exploração para desenvolvimento em 2 (duas) Fases:

Fase 1 – de pesquisa complementar com um investimento mínimo inicial e com a opção de desistência;

Fase 2 – em caso de resultados positivos da Fase1, para elaboração de um Relatório Final de Reavaliação de Reservas e posterior implantação de um empreendimento mineral.

A GE21 recomenda um programa de pesquisa mínimo no prazo inicial de até 18 (dezoito) meses, envolvendo a revisão e complementação de dados de mapeamento geológico e modelamento dos dados disponíveis, o seu detalhamento através de geoquímica de solo multi-elementar e geofísica, e um programa complementar de sondagem estimado em um mínimo de 2.650m. Neste sentido recomenda-se uma sondagem de detalhamento das atuais seções (programa *Infill*), com cerca de 1.400m e uma sondagem mais exploratória para avaliação das potenciais extensões segundo a direção e mergulho estimado preliminarmente em cerca de 1.250m.

O orçamento da pesquisa complementar mínimo é estimado em R\$2,2 milhões. Com este investimento inicial, o potencial interessado deverá tomar uma decisão de continuidade ou não, e apresentar um relatório de atualização dos recursos.

Caso o interessado optar pela continuidade do projeto para a Fase 2, o mesmo deverá, em um prazo de até 18 meses, desenvolver trabalhos complementares de pesquisa e de

sondagem, estudos de processo e de mercado e de viabilidade econômica para elaboração do Relatório Final de Reavaliação de Reservas.

A execução do Programa de Pesquisa Complementar abrange também a realização de estudos ambientais e a elaboração de relatórios eventualmente exigidos pelo órgão ambiental competente, visando à obtenção de Licenças Ambientais necessárias à outorga das Portarias de Concessão de Lavra de jazidas situadas nas áreas licitadas.

Sobre o Formato de Licitação – Prêmio e *royalty*

Considerando o nível de risco associado ao desenvolvimento do projeto recomenda-se o formato de licitação por meio da cessão dos direitos minerários através de pagamento de *royalty* e pagamento de Prêmios de Oportunidade.

O valor de Prêmio poderá ser balizado como uma parte percentual do investimento realizado pela CPRM em sondagem no projeto, calculado com os preços praticados atualmente. Este valor total é estimado em R\$ 2 milhões.

Para maior flexibilidade sugere-se 02 (duas) opções de pagamentos de Prêmios, um menor e outro maior, podendo ser ambas ajustadas com variações no *royalty*. Desta forma sugere-se um sinal de R\$ 50 mil e mais dois pagamentos, a 18 (dezoito) e a 36 (trinta e seis) meses, com valores entre Opção-I: R\$ 300 e 650 mil, e Opção -II: R\$ 750 mil e R\$ 1.200 mil.

O *royalty* sugerido é definido como a quantia a ser paga à CPRM, em moeda corrente nacional, pela cessão dos direitos minerários de jazidas eventualmente caracterizada na área de pesquisa do Projeto Bom Jardim. O *royalty* é expresso como um percentual do valor bruto de vendas de minérios, sejam cobre, sejam seus metais associados.

Para balizar um valor justo de *royalty* face ao estágio do Projeto, a GE21 realizou duas avaliações econômicas utilizando como base o fluxo de caixa gerado pelo estudo econômico conceitual (Tabela 4.9.1_1):

- (1) Uma avaliação referente ao peso do *royalty* em relação ao potencial retorno líquido do projeto;
- (2) Uma avaliação referente ao peso no VPL pelo método DCF (Fluxo de Caixa Descontado), sendo definida a taxa de desconto (WACC) de acordo com a classe de risco atual do empreendimento.

A avaliação do peso do *Royalty* sobre o potencial retorno líquido do Projeto (Tabela 8.2_1), com variação de 0,5 a 2%, indicou variação entre 5 a 20% de participação no fluxo de caixa líquido. Nesse sentido, considerando o nível de risco ainda elevado do Projeto, a GE21 entende que o valor de 1% de *royalty* sobre o valor das vendas representa um balizador de um percentual aceitável e razoável para ser usado como referência pela CPRM, já que resultaria em algo próximo a 10% de participação no resultado líquido.

Uma estimativa detalhada da Taxa de Desconto baseado nos riscos do Projeto Bom Jardim, usando conceitos internacionais (Tabelas 8.2.1 e 8.2_2), resultou em uma taxa de

12,63% ao ano. A aplicação desta taxa de risco no fluxo de caixa do projeto conceitual, por sua vez, indicou um *royalty* na ordem de 0,4% equivalente (Tabela 8.2_3).

Considerando as duas opções de pagamento de prêmio (Tabela 8.1_1), e a avaliação de um *Royalty* compatível com o risco do projeto, tendo o projeto conceitual como referência, a GE21 recomenda um *Royalty* na ordem de 0,4% a 1% sobre a Receita Bruta, e um Prêmio em 2 (duas) parcelas entre R\$ 1 e 2 milhões.

Sobre Áreas Adicionais Requeridas na Vizinhança

Recomenda-se ainda, caso o interessado requeira novas áreas localizadas na vizinhança do atual projeto a uma distância contido em um raio de até 5km do centroide do Alvo01 do Projeto Bom Jardim, que estas novas áreas sejam incorporadas ao acordo com a CPRM.

10 REFERÊNCIAS

Tilton, J. Structure and Performance of Major Mineral Sectors – The Metals. In: Economics of Mineral Industries – Seeley W. Mudd Series. 4th Edition. America Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers – AIME. 1992.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Sumário Mineral 2014. Brasília: DNPM, 2014. 141 p.: il.; 29 cm. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Sumário Mineral 2015. Brasília: DNPM, 2016. 135 p.: il.; 29 cm. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. Informe mineral. 1º/2016. Brasília, DF: DNPM, 2016. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/informes/informe_mineral_2_2016>.

GUIMARÃES, S.B. Petrologia e metalogenia do depósito de cobre de Bom Jardim de Goiás (GO). 108 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, 2007.

CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM, MES CIM Vancouver 2016 Discount Rates, Risk, & Long-Life Projects - <http://www.cimmes.org/wp-content/uploads/2016/09/Larry-Smith-Presentation.pdf>

Ministério De Minas E Energia – MME, 2009. Relatório Técnico 63 - Perfil do Cobre. Secretaria De Geologia, Indústria E Transformação Mineral – SGM. Projeto de Assistência Técnica ao Setor De Energia.

Ministério De Minas E Energia – MME, 2009. Relatório Técnico 27 - Perfil da Mineração do Cobre. Secretaria De Geologia, Indústria E Transformação Mineral – SGM. Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia.

World Bank, 2017. Commodity Market Outlook – Quarterly Report, October 2017.

Brininstool, M., Flanagan, D. M. U.S. Minerals Yearbook 2015 – Copper. Geological Survey. 2017.

U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2017.

Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios / Adolpho José Melfi, Aroldo Misi, Diógenes de Almeida Campos e Umberto Giuseppe Cordani (organizadores). – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. 420 p.

Brito, Reinaldo Santana Correia de. Modelos de depósitos de cobre do Brasil e sua resposta ao Intemperismo / editores Reinaldo Santana Correia de Brito, Maria da Glória da Silva [e] Raul Minas Kuyumjian. – Brasília: CPRM, 2010. 190 p.: il.; 30 cm.

PETER, J.M. THE WINDY CRAGGY COPPER-COBALT-GOLD MASSIVE SULPHIDE DEPOSIT, NORTHWESTERN BRITISH COLUMBIA (114P). British Columbia Ministry of Energy. Mines and Petroleum Resources, Geological Fieldwork, 1988, Paper 1989-1.

PROJETO BOM JARDIM. RELATÓRIO FINAL DA PESQUISA PARA ZINCO NO MUNICÍPIO DE BOM JARDIM, ESTADO DE GOIÁS. 1979 v.1 CPRM.

RELATÓRIO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL BOM JARDIM – GOIÁS. Departamento de Recursos Minerais, de Economia Mineral e Geologia Exploratória, CPRM. 2016.

A.L. Mular. A Handbook for Estimating Mining and Mineral Processing Equipment Cost and Capital Expenditures and aiding mineral project evaluations, Canadian Institute of Mining and Metallurgy and Petroleum 1998

ANEXO 1

Forecast de Preços adotados
nas estimativas de Cava Final

World Bank Commodities Price Forecast (nominal US dollars)

Released: October 26, 2017

Commodity	Unit	Forecasts												
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030
Energy														
Coal, Australia	\$/mt	70.1	57.5	65.9	85.0	70.0	60.0	55.0	55.5	56.0	56.5	56.9	57.4	60.0
Crude oil, avg	\$/bbl	96.2	50.8	42.8	53.0	56.0	59.0	60.0	60.9	61.9	62.8	63.8	64.8	70.0
Natural gas, Europe	\$/mmbtu	10.1	7.3	4.6	5.5	5.7	5.8	6.0	6.2	6.4	6.5	6.7	6.9	8.0
Natural gas, US	\$/mmbtu	4.4	2.6	2.5	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1	5.0
Natural gas LNG, Japan	\$/mmbtu	16.0	10.2	6.9	8.2	8.3	8.5	8.6	8.7	8.9	9.0	9.1	9.3	10.0
Non Energy Commodities														
Agriculture														
Beverages														
Cocoa	\$/kg	3.06	3.14	2.89	2.05	2.11	2.17	2.24	2.30	2.37	2.44	2.52	2.59	3.00
Coffee, Arabica	\$/kg	4.42	3.53	3.61	3.35	3.35	3.36	3.36	3.37	3.37	3.37	3.38	3.38	3.40
Coffee, Robusta	\$/kg	2.22	1.94	1.95	2.25	2.23	2.21	2.19	2.17	2.15	2.13	2.11	2.09	2.00
Tea, auctions (3), average	\$/kg	2.72	2.71	2.64	3.10	3.09	3.08	3.08	3.07	3.06	3.05	3.05	3.04	3.00
Food														
Oil and Meals														
Coconut oil	\$/mt	1,280	1,110	1,475	1,610	1,593	1,576	1,559	1,542	1,526	1,509	1,493	1,477	1,400
Groundnut oil	\$/mt	1,313	1,337	1,502	1,500	1,515	1,529	1,544	1,559	1,574	1,589	1,605	1,620	1,700
Palm oil	\$/mt	821	623	700	720	732	745	758	771	785	798	812	826	900
Soybean meal	\$/mt	528	395	380	355	362	368	375	382	389	396	403	411	450
Soybean oil	\$/mt	909	757	809	850	861	872	882	894	905	916	928	939	1,000
Soybeans	\$/mt	492	390	406	400	409	418	427	436	446	455	465	476	530
Grains														
Barley	\$/mt	138	194	159	140	144	148	152	156	161	165	170	174	200
Maize	\$/mt	193	170	159	155	159	162	166	170	174	178	183	187	210
Rice, Thailand, 5%	\$/mt	423	386	396	400	403	406	409	412	415	418	421	424	440
Wheat, US, HRW	\$/mt	285	204	167	175	179	184	188	193	198	202	207	213	240
Other Food														
Bananas, US	\$/kg	0.93	0.96	1.00	1.07	1.07	1.07	1.08	1.08	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10
Meat, beef	\$/kg	4.95	4.42	3.93	4.20	4.19	4.18	4.18	4.17	4.16	4.15	4.15	4.14	4.10
Meat, chicken	\$/kg	2.43	2.53	2.46	2.50	2.48	2.47	2.45	2.44	2.42	2.41	2.39	2.37	2.30
Oranges	\$/kg	0.78	0.68	0.89	0.80	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	1.00
Shrimp, Mexico	\$/kg	17.25	14.36	11.20	12.00	12.14	12.29	12.43	12.58	12.73	12.88	13.04	13.19	14.00
Sugar, World	\$/kg	0.37	0.30	0.40	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38
Raw Materials														
Timber														
Logs, Cameroon	\$/cum	465	389	387	395	399	403	407	411	415	419	424	428	450
Logs, Malaysia	\$/cum	282	246	274	270	275	280	285	290	295	300	306	311	340
Sawnwood, Malaysia	\$/cum	898	833	739	700	719	739	760	781	803	825	848	872	1000
Other Raw Materials														
Cotton A Index	\$/kg	1.83	1.55	1.64	1.85	1.87	1.90	1.93	1.95	1.98	2.00	2.03	2.06	2.20
Rubber, Malaysian	\$/kg	1.95	1.57	1.61	2.05	2.08	2.10	2.13	2.15	2.18	2.20	2.23	2.26	2.40
Tobacco	\$/mt	4,991	4,908	4,806	4,850	4,822	4,794	4,767	4,740	4,712	4,685	4,658	4,632	4,500
Fertilizers														
DAP	\$/mt	472	459	345	347	345	353	361	369	377	385	394	403	450
Phosphate rock	\$/mt	110	117	112	91	90	92	95	98	100	103	106	109	125
Potassium chloride	\$/mt	297	303	246	216	215	222	230	237	245	254	262	271	320
TSP	\$/mt	388	385	291	277	280	287	295	302	310	318	326	335	380
Urea, E. Europe, bulk	\$/mt	316	273	199	216	215	221	227	234	240	247	254	261	300
Metals and Minerals														
Aluminum	\$/mt	1,867	1,665	1,604	1,950	1,968	1,987	2,005	2,024	2,043	2,062	2,081	2,100	2,200
Copper	\$/mt	6,863	5,510	4,868	6,050	6,118	6,187	6,257	6,328	6,399	6,471	6,544	6,618	7,000
Iron ore	\$/dmt	97.0	55.9	58.4	70.0	57.0	50.0	50.8	51.7	52.5	53.4	54.3	55.2	60.0
Lead	\$/mt	2,095	1,788	1,867	2,300	2,500	2,483	2,465	2,448	2,431	2,415	2,398	2,381	2,300
Nickel	\$/mt	16,893	11,863	9,595	10,100	10,559	11,039	11,541	12,065	12,614	13,187	13,786	14,413	18,000
Tin	\$/mt	21,899	16,067	17,934	20,225	20,426	20,629	20,834	21,041	21,250	21,462	21,675	21,890	23,000
Zinc	\$/mt	2,161	1,932	2,090	2,900	3,000	2,945	2,890	2,837	2,785	2,734	2,683	2,634	2,400
Precious Metals														
Gold	\$/toz	1,266	1,161	1,249	1,250	1,238	1,226	1,214	1,202	1,190	1,178	1,167	1,155	1,100
Silver	\$/toz	19.1	15.7	17.1	17.0	16.9	16.8	16.8	16.7	16.6	16.5	16.5	16.4	16.0
Platinum	\$/toz	1,384	1,053	987	950	984	1,019	1,056	1,093	1,132	1,173	1,215	1,258	1,500

Next update: April 2018

LME COBALT

Trading
summary

Current year
summary

Price
graph

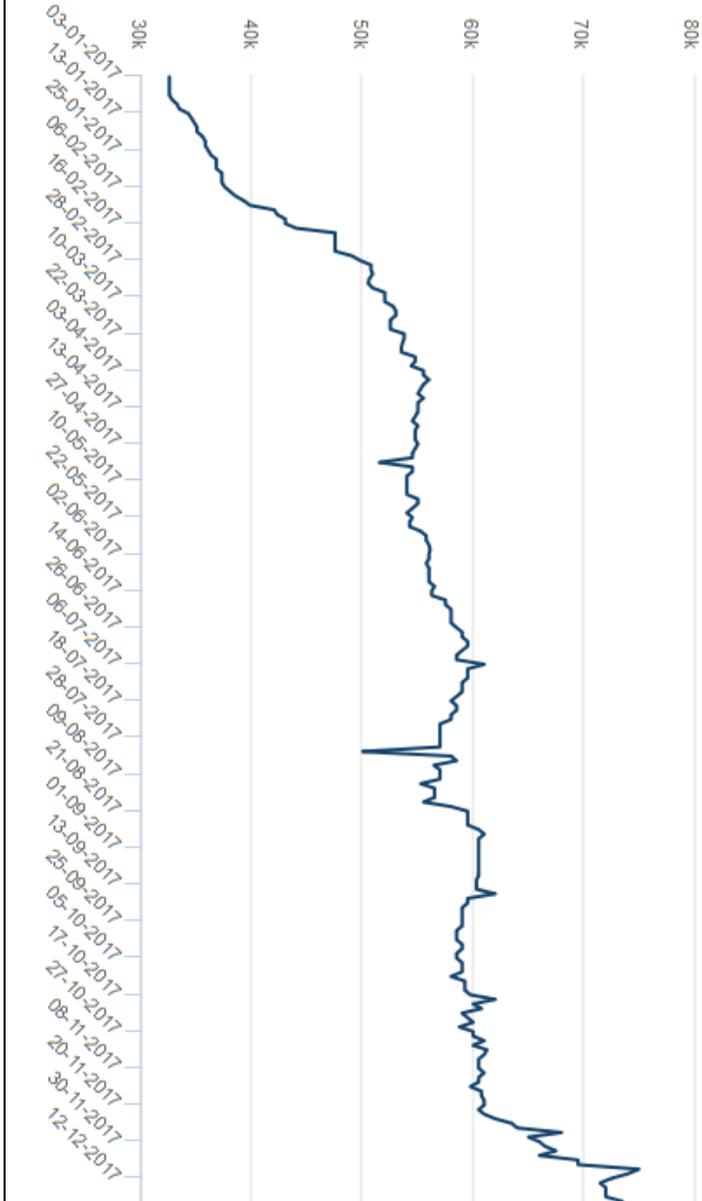
Average
prices

Contract
specs

Reports



HISTORICAL PRICES GRAPH



ANEXO 2

Fluxo de Caixa Descontado Simplificado da Cava Estendida

Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7
Total Lavrado (kt)	1 496.8	2 760.4	2 066.8	2 189.3	2 151.1	2 138.5	2 034.4	1 820.0
ROM	48.7	418.5	477.0	449.5	500.0	483.4	500.0	400.0
Estéril	1 448.1	2 341.9	1 589.8	1 739.8	1 651.1	1 655.0	1 534.4	1 420.0
Produto (kt)	2.9	7.9	10.4	10.5	8.0	6.4	6.0	3.3
Receita Bruta (US\$ mi)	5.3	14.2	18.9	19.0	14.4	11.6	10.9	6.0
OPEX (US\$ mi)	(3.2)	(7.4)	(6.3)	(6.4)	(6.6)	(6.5)	(6.3)	(5.4)
Lavra Terceirizada	(3.0)	(5.5)	(4.1)	(4.4)	(4.3)	(4.3)	(4.1)	(3.6)
Processo	(0.2)	(1.9)	(2.1)	(2.0)	(2.3)	(2.2)	(2.3)	(1.8)
EBITDA (US\$ mi)	2.0	6.8	12.6	12.6	7.9	5.2	4.6	0.5
Depreciação (US\$ mi)	-	(2.1)	(2.1)	(2.1)	(2.1)	(2.1)	(2.1)	(2.1)
EBIT (US\$ mi)	2.0	4.7	10.5	10.5	5.8	3.0	2.5	(1.6)
PIS-COFINS (9,25% Receita Bruta) (US\$ mi)	(0.5)	(1.3)	(1.7)	(1.8)	(1.3)	(1.1)	(1.0)	(0.6)
IRPJ (15% sobre R\$ 0.24 mi/ano do EBIT)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	-
AIR (10% sobre Exc R\$ 0.24 mi/ano do EBIT)	(0.2)	(0.4)	(1.0)	(1.0)	(0.6)	(0.3)	(0.2)	-
CSLL (9% sobre EBIT)	(0.2)	(0.4)	(0.9)	(0.9)	(0.5)	(0.3)	(0.2)	0.1
CFEM (2% da Rec Bruta) (R\$ mi)	(0.1)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.3)	(0.2)	(0.2)	0.04
Receita Líquida (US\$ mi)	1.1	2.2	6.4	6.4	3.1	1.2	0.8	(2.0)
Depreciação (US\$ mi)	-	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Lucro Líquido (US\$ mi)	1.1	4.4	8.5	8.5	5.2	3.3	2.9	0.2
CAPEX (US\$ mi)	(19.8)	-	-	-	-	-	-	-
Mina Pátio	(0.8)	-	-	-	-	-	-	-
Usina	(14.9)	-	-	-	-	-	-	-
Pilha de Estéril	(0.8)	-	-	-	-	-	-	-
Barragem de Rejeito	(3.3)	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa (US\$ mi)	(18.7)	4.4	8.5	8.5	5.2	3.3	2.9	0.2
Fluxo de Caixa Acumulado (US\$ mi)	(18.7)	(14.4)	(5.8)	2.6	7.8	11.1	14.0	14.2