

RODRIGO MANABU SIMIDU

**Análise de Sensibilidade dos Parâmetros do NSR em um Depósito Polimetálico
de Zn-Pb-Cu**

**São Paulo
2008**

RODRIGO MANABU SIMIDU

**Análise de Sensibilidade dos Parâmetros do NSR em um Depósito Polimetálico
de Zn-Pb-Cu**

Trabalho de Formatura em Engenharia de
Minas do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Manoel Rodrigues Neves

**São Paulo
2008**

EPMi
TF-2008
Si 45a
Syano 1732396

M2008

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700004238

FICHA CATALOGRÁFICA

Simidu, Rodrigo Manabu

Análise de sensibilidade dos parâmetros do NSR em um depósito polimetálico de Zn-Pb-Cu / R.M. Simidu. – São Paulo, 2008.

p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.Minas (Planejamento) 2.Depósitos minerais (Análise quantitativa) 3.Zinco 4.Cobre 5.Chumbo II.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo III.t.

Agradecimentos

A todos os colaboradores da Gerência de Desenvolvimento Mineral da Votorantim Metais – Praça Ramos, e aos colegas da Escola Politécnica da USP, que muito contribuíram para meu conhecimento técnico.

Aos meus amigos, familiares e minha esposa, pela paciência e apoio.

Resumo

A definição do teor de corte para um recurso mineral afeta de forma considerável o tamanho do recurso mineral aproveitável. Neste estudo, utilizando o NSR como cut-off, e através de uma análise de sensibilidade dos parâmetros do mesmo, concluiu-se quais os parâmetros variáveis do NSR que mais afetam o tamanho do recurso mineral de uma dada jazida polimetálica de Zn-Pb-Cu.

Palavras chave: Análise de Sensibilidade, NSR, recurso mineral lavrável

Abstract

The definition of a cut-off grade for a mineral resource impacts considerably in the size of the mineable resource. In this study, utilizing the NSR as a cut-off, and with a sensitivity analyses of its parameters, we conclude which variables parameters from NSR most affects the size of a polymetallic Zn-Pb-Cu mineral resource.

Key-words: Sensibility Analyses, NSR, mineable mineral resource

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros do NSR.....	12
Tabela 2 - Recurso Lavrável Total.....	15
Tabela 3 - Variação do Recurso para cada variação no Parâmetro.....	18
Tabela 4 - Análise de Cenário Múltipla - Dois Parâmetros: Preço Zn e Custos de Transporte e Logística.....	20

Lista de Ilustrações

Ilustração 1 - Interface do aplicativo para cálculo do NSR	13
Ilustração 2 - Modelo de Blocos com valor de NSR	14
Ilustração 3 - Modelo de Blocos com cut-off no NSR>30	15
Ilustração 4 - Visualização comparativa do Modelo de Blocos com cut-off NSR>30	16
Ilustração 5 - Variação do Recurso x Variação no Parâmetro	19

Lista de Abreviaturas e siglas

Ag= Prata
 Au= Ouro
 Cu= Cobre
 NSR= Net Smelter Return
 Pb= Chumbo
 Zn= Zinco

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. DESENVOLVIMENTO	8
2.1. Objetivo.....	8
2.2. Revisão Bibliográfica.....	8
2.3. Materiais e Métodos.....	11
2.4. Descrição do Caso.....	11
2.4.1. Cálculo do NSR	11
2.4.2. Análise de Sensibilidade.....	16
2.4.3. Análise de Cenário.....	20
3. CONCLUSÕES	21
4. BIBLIOGRAFIA	22
5. ANEXO.....	23

1. Introdução

O Planejamento de mina visa determinar os objetivos de longo prazo do empreendimento obedecendo às restrições econômicas, operacionais, técnicas, ambientais e de segurança. Considerando os riscos relacionados às incertezas intrínsecas de um projeto de mineração e também ao tradicional enfoque determinístico para a representação do corpo mineralizado, a tomada de decisão estará condicionada à veracidade de todos os parâmetros adotados na criação do modelo.

Uma análise de sensibilidade nos fornece informações sobre a sensibilidade de um projeto às mudanças em seus parâmetros mais importantes, dando suporte na tomada de decisão de novos projetos e na atualização do planejamento de lavra da mina.

2. Desenvolvimento

2.1. Objetivo

O objetivo principal do presente estudo foi a identificação dos parâmetros mais sensíveis na definição da reserva lavrável de uma jazida polimetálica de Zinco, Chumbo e Cobre, através do royalty conhecido como Net Smelter Return. Após identificar os dois parâmetros de maior impacto na definição da reserva, foi feita uma análise de cenário variando-os simultaneamente e observando o impacto no tamanho da reserva lavrável.

2.2. Revisão Bibliográfica

Segundo Lane (1988), para se definir o conceito de minério utilizando uma base econômica, o analista é direcionado primeiramente a um entendimento dos fatores que influenciam toda a cadeia mineral, entre eles o preço e o custo. Estes parâmetros podem ser integrados utilizando-se o conceito econômico de valor. O critério crucial para a definição de minério é que o material do corpo mineralizado será programado para ser lavrado como minério se, e só se, a decisão de tratá-lo adicione valor econômico para a operação.

No planejamento de mina, o parâmetro mais freqüentemente utilizado para quantificar se o material irá adicionar valor à operação é o teor de corte, mas existem outros métodos para modelagem econômica que veremos a seguir.

Segundo Baldwin (2003), atualmente, existem dois tipos de Royalties utilizados na indústria mineral Norte Americana. O *Net Smelter Return (NSR)* e o *Net Profit Interest (NPI)*.

O NSR foi descrito genericamente da seguinte forma:

“O royalty obtido através da Receita Líquida do Smelter é essencialmente calculado através da quantidade recebida pela mina ou pelo proprietário da instalação de britagem/beneficiamento pela venda do produto mineral à usina de metalurgia que transforma o produto de saída do moinho em metal negociável. Da quantia bruta recebida, poderá haver deduções de custos do proprietário depois que o produto deixar a mina e antes da venda, custos estes tais como: transporte, seguro, penalidades, amostragens, refino ou redução e

marketing. Não serão feitas deduções de custo operacional da mina (lavra e beneficiamento)". (B.J.Barton, *Canadian Law of Mining* (Calgary: Institute of Resources Law, 1993) at 461.)

Enquanto o NPI pode ser descrito genericamente da seguinte forma:

"O royalty NPI é calculado através de uma porcentagem da receita bruta da instalação mina/usina menos todos os custos envolvidos na produção de tal receita." (B.J.Barton, *Canadian Law of Mining* (Calgary: Institute of Resources Law, 1993) at 462.)

Como citado no objetivo deste estudo, o NSR será adotado para a modelagem econômica do recurso mineral lavrável, utilizando todos os parâmetros necessários de forma que atenda as especificações contidas em sua definição e posteriormente através de uma análise de sensibilidade a identificação dos parâmetros mais sensíveis na definição do recurso mineral lavrável.

Segundo Torries (1998), uma análise de sensibilidade é simplesmente o processo de variação de um ou mais parâmetros observando o que a variância provoca no valor do projeto, identificando aqueles que mais o afetam.

Uma das grandes vantagens da análise de sensibilidade é identificar os parâmetros que mais afetam o projeto. Isto permite aos analistas obterem dados adicionais de uma maneira muito eficiente. Por exemplo, não há sentido em melhorar o custo de beneficiamento se tais variações são totalmente irrisórias quando comparadas a uma grande variação nos preços do produto final.

Segundo Runge (1998), existem duas grandes dificuldades na análise de sensibilidade, que são:

- O analista não possui nenhum valor da possibilidade de realização desses eventos. Por exemplo, a ocorrência de um aumento de 10% nos custos é igualmente provável a um aumento nas receitas? Projetos podem ser muito sensíveis a certas suposições, mas se a probabilidade de tal suposição ser equivocada for mínima, então ela é irrelevante.
- A análise de sensibilidade assume a condição de *ceteris paribus*, i.e., que todas as outras coisas permanecem constantes. Esta é a maior dificuldade, visto que as minas estão em constante mudança devido às mudanças no ambiente externo. Se o preço do combustível aumenta, a mina irá preferir utilizar equipamentos elétricos. Se o preço do minério aumenta, minério de baixo teor será incorporado no planejamento de mina, mudando-o dramaticamente.

Apesar das dificuldades apresentadas na análise de sensibilidade ela apresenta um ponto de partida para duas extensões à sua aplicação: análise probabilística e análise de sensibilidade relativa.

Neste estudo a análise de sensibilidade será de utilidade para a definição dos parâmetros mais sensíveis do projeto, não está no escopo deste estudo o enfoque probabilístico. Após a definição dos dois parâmetros mais sensíveis, será realizada uma análise de cenário.

Segundo Torries (1998), uma análise de cenário é a investigação dos resultados obtidos na variação de parâmetros combinados considerando um caso base. O caso base é

construído pela “melhor” estimativa dos parâmetros do projeto, e o recurso mineral lavrável resultante é freqüentemente (erroneamente) considerado o “valor esperado” para o projeto. (em termos estatísticos o caso base provavelmente não será o caso esperado. O caso esperado pode ser determinado apenas através de uma análise probabilística, pois a distribuição dos parâmetros de entrada não foram considerados na determinação do caso base.) O caso pessimista mostra os resultados do que acontecerá caso tudo ocorrer de forma ruim, e o caso otimista mostra os resultados quando tudo correr muito bem.

Neste estudo a análise de cenário será feita com os dois parâmetros que se apresentarem mais sensíveis na análise de sensibilidade.

2.3. Materiais e Métodos

O material utilizado foi o software comercial para planejamento de mina Mine2-4D versão 12.0.1804.0 e o método para o cálculo do royalty NSR se encontra no anexo 1. Com a descrição do cálculo do NSR apresentado no anexo 1, foi criada uma interface no ambiente do software de planejamento citado, o modelo geológico utilizado se encontra em formato Datamine.

2.4. Descrição do Caso

2.4.1. Cálculo do NSR

Baseando-se na definição acima, será calculado o valor do NSR para cada bloco do modelo de blocos geológico do recurso mineral. O modelo geológico utilizado se encontra em formato Datamine e atende as especificações do código de mineração JORC, na definição de recurso e reserva, portanto todas as características iniciais do modelo serão mantidas, apenas será adicionado o NSR como mais um parâmetro do modelo.

O código JORC é um código do Instituto Australiano de Metalurgia e Mineração que define os padrões mínimos, recomendações e guias para apresentação pública de resultados de exploração mineral, recurso mineral e reserva mineral. O Joint Ore Reserves Committee (JORC) atua desde 1971 e sua primeira versão do código JORC foi publicada em 1989.

O modelo geológico utilizado já apresenta todos os parâmetros definidos pela geologia como teores, densidade e localização espacial. O cálculo do NSR será apenas adicionado aos dados já existentes.

O processo de cálculo do NSR compreende vários parâmetros que se encontram na tabela a seguir:

Parâmetro	Concentrado		
	Zn	Pb	Cu
Recuperação (%)	90.00	80.00	80.00
Teor do Conc. (%)	50.00	60.00	25.00
Distribuição Au (%)	25.00	50.00	25.00
Distribuição Ag (%)	25.00	50.00	25.00
Recuperação Au (%)	70.00	70.00	70.00
Recuperação Ag (%)	70.00	70.00	70.00
Perdas (%)	0.50	0.50	0.50
Umidade (%)	0.09	0.08	0.08
Dedução Metalúrgica (%)	8.00	3.00	0.75
Dedução Metalúrgica Au (g/t)	0.00	Maior que (5% do Au no Conc.) ou 1.49 g/t	Maior que (10% do Au no Conc.) ou 1.0g/t
Dedução Metalúrgica Ag (g/t)	91.31	Maior que (5% do Ag no Conc.) ou 49.76 g/t	Maior que (10% do Ag no Conc.) ou 30.0 g/t
Custo de Refino Cu (\$/lb)			0.08
Custo de Refino Au (\$/oz)	0.00	6 X Pagamento Au após deduções	6.00
Custo de Refino Ag (\$/oz)	0.00	0.35 Pagamento Ag após deduções	0.45
Au Pago após deduções (%)	0.00	100.00	100.00
Ag Pago após deduções (%)	70.00	100.00	100.00
Preço do Metal (\$/tonne)	1,601.11	976.59	3,593.49
Preço do Metal Au (\$/oz)	620.86	620.86	620.86
Preço do Metal Ag (\$/oz)	8.06	8.06	8.06
Custo de Tratamento do Conc. (\$/t conc.)	199.47	247.66	80.00
Custo de Transporte (\$/t conc.wet)	100.00	100.00	100.00
Frete (\$/t conc.wet)	55.00	55.00	55.00

Tabela 1 - Parâmetros do NSR

Para o cálculo do NSR para cada bloco do modelo de blocos, será utilizado um software de planejamento de Mina, chamado Mine2-4D que é compatível com o formato do arquivo do modelo de blocos. Nele foi desenvolvida uma interface para tal cálculo, a programação utilizada foi JAVA e o memorial de cálculo se apresenta no Anexo1.

Mine2-4D Customization

Votorantim | Metals

Cálculo NSR

Modelo de Blocos

Modelo Saída

Preencher Valores

	Zn	Pb	Cu
Metal price \$/t			
Recovery			
Concentrate Grade			
Au Distribution			
Ag Distribution			
Au Recovery			
Ag Recovery			
Moisture			
Shipping Loss			
Transport Logistics			
Treatment Charge			
Au Metal Price \$/oz			
Ag metal Price \$/oz			

Calcular **Help**

Ilustração 1 - Interface do aplicativo para cálculo do NSR

Na interface apresentada, os dados necessários são: o modelo de blocos geológico e os valores dos parâmetros, que neste caso são apresentados na Tabela 1. Com os valores calculados no modelo de blocos, podemos visualizar o valor de NSR para cada bloco como apresentado em detalhe na Ilustração 2.

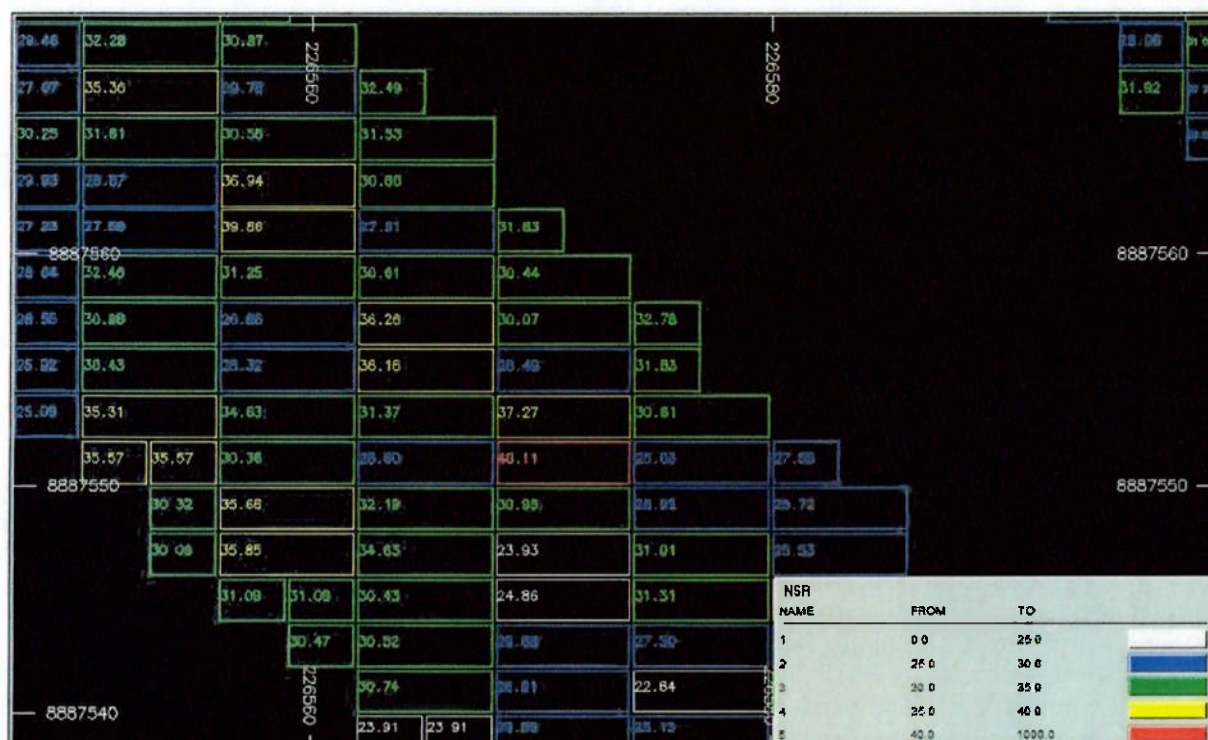


Ilustração 2 - Modelo de Blocos com valor de NSR

Pela definição do NSR, os custos de mina (Lavra + Usina), não são debitados no cálculo do NSR, portanto é possível definir um cut-off no NSR desde que este valor cubra os gastos operacionais da mina, apresentando um lucro aceitável para o proprietário da mina.

Dessa forma, o valor definido de cut-off no NSR pela gerencia de Planejamento de Longo Prazo para este estudo, foi baseado no custo de operação de minas existentes da empresa e nas características similares do projeto com outros já realizados pela empresa. Um cut-off referente a $NSR=30\$/t$ será empregado para tal projeto, ou seja, os blocos que apresentarem NSR maior que 30 serão considerados recurso lavrável, pois cobrem o custo operacional da mina.

Cabe salientar que os blocos que apresentarem NSR menor que 30 são considerados inviáveis, pois não agregam valor econômico ao projeto dentro das condições restritas apresentadas na Tabela 1 para os parâmetros do projeto.

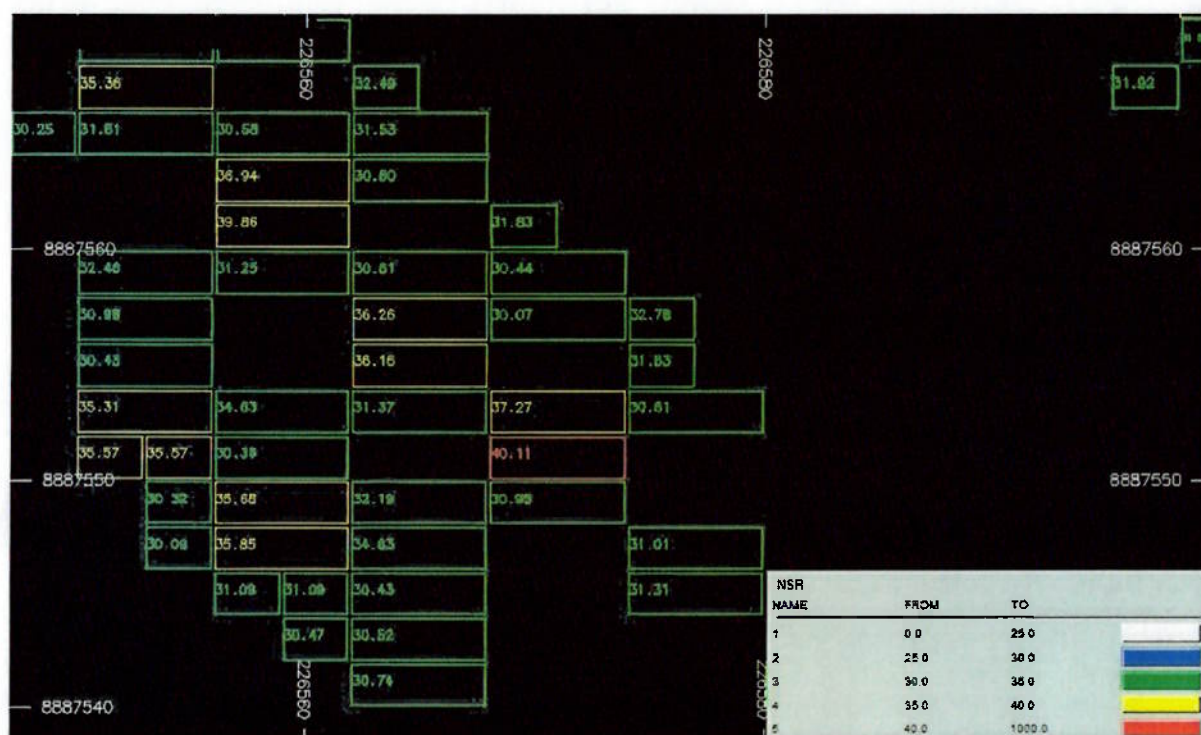


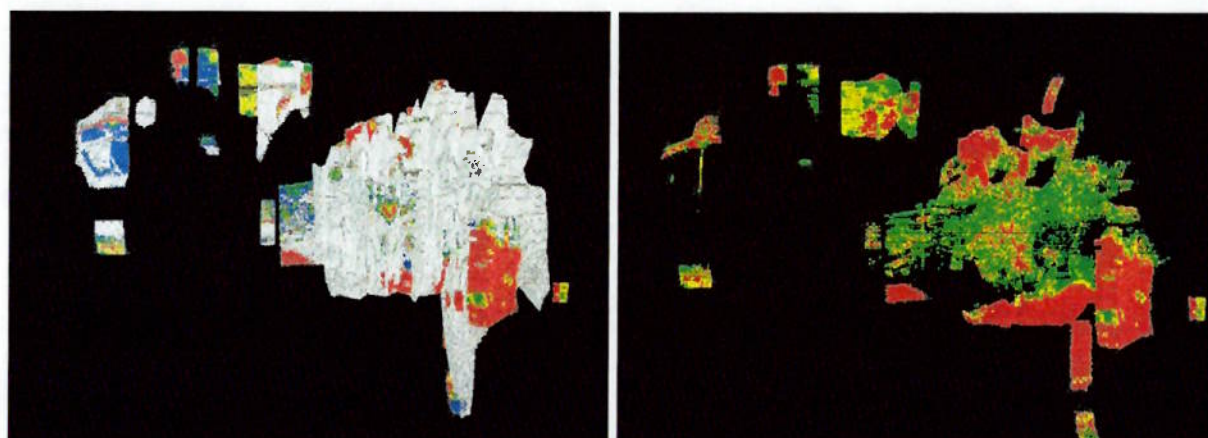
Ilustração 3 - Modelo de Blocos com cut-off no NSR>30

Utilizando os valores da tabela 1 para o cálculo do NSR de cada bloco e aplicando um cut-off no NSR=30, foram retirados todos os blocos com NSR abaixo do cut-off, este modelo apresentado na Ilustração 3 será identificado como recurso mineral lavrável. Utilizando este modelo de recurso mineral lavrável, foi realizada uma avaliação nas toneladas e no NSR médio através das ferramentas disponíveis no software citado, os valores obtidos se encontram na tabela 2. Este valor definido pelos parâmetros da tabela 1 será identificado como o caso base na análise de sensibilidade.

Recurso Total (t)	10.143.644,48
NSR Médio	44.5

Tabela 2 - Recurso Lavrável Total

Na Ilustração 4 apresentamos uma visualização geral comparativa do modelo geológico e do modelo de recurso mineral lavrável com cut-off NSR>30.



NSR		
NAME	FROM	TO
1	0.0	25.0
2	25.0	30.0
3	30.0	35.0
4	35.0	40.0
5	40.0	1000.0

Ilustração 4 - Visualização comparativa do Modelo de Blocos com cut-off NSR>30

2.4.2. Análise de Sensibilidade

Como o presente estudo objetiva a análise de sensibilidade dos parâmetros do NSR no recurso mineral lavrável, os parâmetros listados na tabela 1 para o cálculo do NSR serão variados de forma constante adotando o critério *ceteris paribus*, ou seja, quando um dos parâmetros variar todos os outros permanecem constantes, a cada variação de 5% de um dos parâmetros será definido o novo recurso mineral lavrável, assim como a sua variação em relação ao caso base e o novo valor do NSR médio.

A tabela 3 apresenta a variação dos parâmetros e o seu impacto no resultado do cálculo do recurso mineral lavrável. Para cada variação de 5% tanto para cima quanto para baixo no parâmetro foi calculado o novo valor do parâmetro utilizado, o novo recurso mineral lavrável e o NSR médio do recurso. O procedimento utilizado foi idêntico ao do caso base já descrito.

Os parâmetros marcados em vermelho são aqueles que apresentaram maior variação no tamanho do recurso mineral lavrável, ou seja, mais afetam o cálculo do NSR. Entre todos listados na tabela 1 o Preço Zn, os custos de Logística e Transporte e o Custo de Tratamento Zn, foram os que apresentaram maior impacto no recurso mineral lavrável.

Na Ilustração 5 apresentamos graficamente a variação no recurso mineral comparada a variação no parâmetro, no gráfico podemos visualizar claramente quais os parâmetros mais sensíveis do NSR.

Cut-off NSR>30	-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Zn (US\$)	1.120,78	1.200,83	1.280,89	1.360,94	1.441,00	1.521,05	1.601,11	1.681,17	1.761,22	1.841,28	1.921,33	2.001,39	2.081,44
Recurso (t)	664.663,4	1.595.827,5	3.050.676,06	4.783.422,96	6.471.441,23	8.262.973,66	10.143.644,48	11.889.395,66	13.581.234,05	15.182.406,87	16.546.532,53	17.683.015,98	18.659.573,06
Variação	-93,45%	-84,27%	-69,93%	-52,84%	-36,20%	-18,54%	0,00%	17,21%	33,69%	49,67%	63,12%	74,33%	83,95%
NSR Médio	38,22	38,19	38,86	40,02	41,65	43,14	44,5	46,00	47,53	49,00	50,70	52,56	54,5
Pb (US\$)	683,61	732,44	781,27	830,10	878,93	927,76	976,59	1.025,42	1.074,25	1.123,08	1.171,91	1.220,74	1.269,57
Recurso (t)	7.587.599,56	7.956.100,54	8.357.560,38	8.811.495,85	9.252.891,60	9.713.220,06	10.143.644,48	10.526.068,06	10.889.963,40	11.276.104,64	11.656.557,78	12.010.011,04	12.376.339,98
Variação	-25,20%	-21,57%	-17,61%	-13,13%	-8,78%	-4,24%	0,00%	3,77%	7,36%	11,16%	14,91%	18,40%	22,01%
NSR Médio	43,08	43,36	43,59	43,77	44	44,22	44,5	44,86	45,25	45,6	45,96	46,35	46,72
Cu (US\$)	2.515,44	2.695,12	2.874,79	3.054,47	3.234,14	3.413,82	3.593,49	3.773,16	3.952,84	4.132,51	4.312,19	4.491,86	4.671,54
Recurso (t)	9.713.546,68	9.781.527,57	9.854.176,58	9.928.377,68	10.000.422,60	10.076.150,49	10.143.644,48	10.214.274,22	10.283.725,21	10.386.182,72	10.502.527,96	10.600.255,40	10.705.296,50
Variação	-4,24%	-3,57%	-2,85%	-2,12%	-1,41%	-0,67%	0,00%	0,70%	1,48%	2,39%	3,54%	4,50%	5,54%
NSR Médio	44,51	44,51	44,5	44,49	44,49	44,5	44,5	44,51	44,5	44,49	44,44	44,42	44,39
Au(US\$/oz)	434,60	465,65	496,69	527,73	558,77	589,82	620,86	651,90	682,95	713,99	745,03	776,08	807,12
Recurso (t)	9.943.235,67	9.971.758,83	10.007.867,69	10.039.963,20	10.075.154,09	10.106.951,35	10.143.644,48	10.179.826,78	10.211.352,97	10.246.640,19	10.284.169,14	10.326.091,48	10.359.878,04
Variação	-1,98%	-1,69%	-1,34%	-1,02%	-0,68%	-0,36%	0,00%	0,36%	0,67%	1,02%	1,39%	1,80%	2,13%
NSR Médio	44,51	44,51	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,49	44,49
Ag (US\$)	5,64	6,05	6,45	6,85	7,25	7,66	8,06	8,46	8,87	9,27	9,67	10,08	10,48
Recurso (t)	9.870.193,15	9.917.216,30	9.962.337,45	10.006.806,83	10.055.682,73	10.099.260,38	10.143.644,48	10.191.762,14	10.239.769,02	10.284.833,63	10.334.111,99	10.382.094,88	10.432.254,68
Variação	-2,70%	-2,23%	-1,79%	-1,35%	-0,87%	-0,44%	0,00%	0,47%	0,95%	1,39%	1,88%	2,35%	2,85%
NSR Médio	44,55	44,54	44,53	44,52	44,51	44,5	44,5	44,49	44,48	44,48	44,47	44,46	44,45
Custo de Tratamento Zn													
CTZn(US\$)	139,63	149,60	159,58	169,55	179,52	189,50	199,47	209,44	219,42	229,39	239,36	249,34	259,31
Recurso (t)	13.205.584,19	12.707.596,8	12.211.997,21	11.699.733,98	11.163.620,97	10.650.548,92	10.143.644,48	9.616.153,40	9.054.702,10	8.479.477,84	7.946.451,38	7.418.578,70	6.861.929,34
Variação	30,19%	25,28%	20,39%	15,34%	10,06%	5,00%	0,00%	-5,20%	-10,74%	-16,41%	-21,66%	-26,86%	-32,35%
NSR Médio	47,18	46,74	46,28	45,84	45,42	44,97	44,5	44,05	43,65	43,27	42,83	42,38	41,98

[illegible]

Tabela 3 - Variação do Recurso para cada variação no Parâmetro

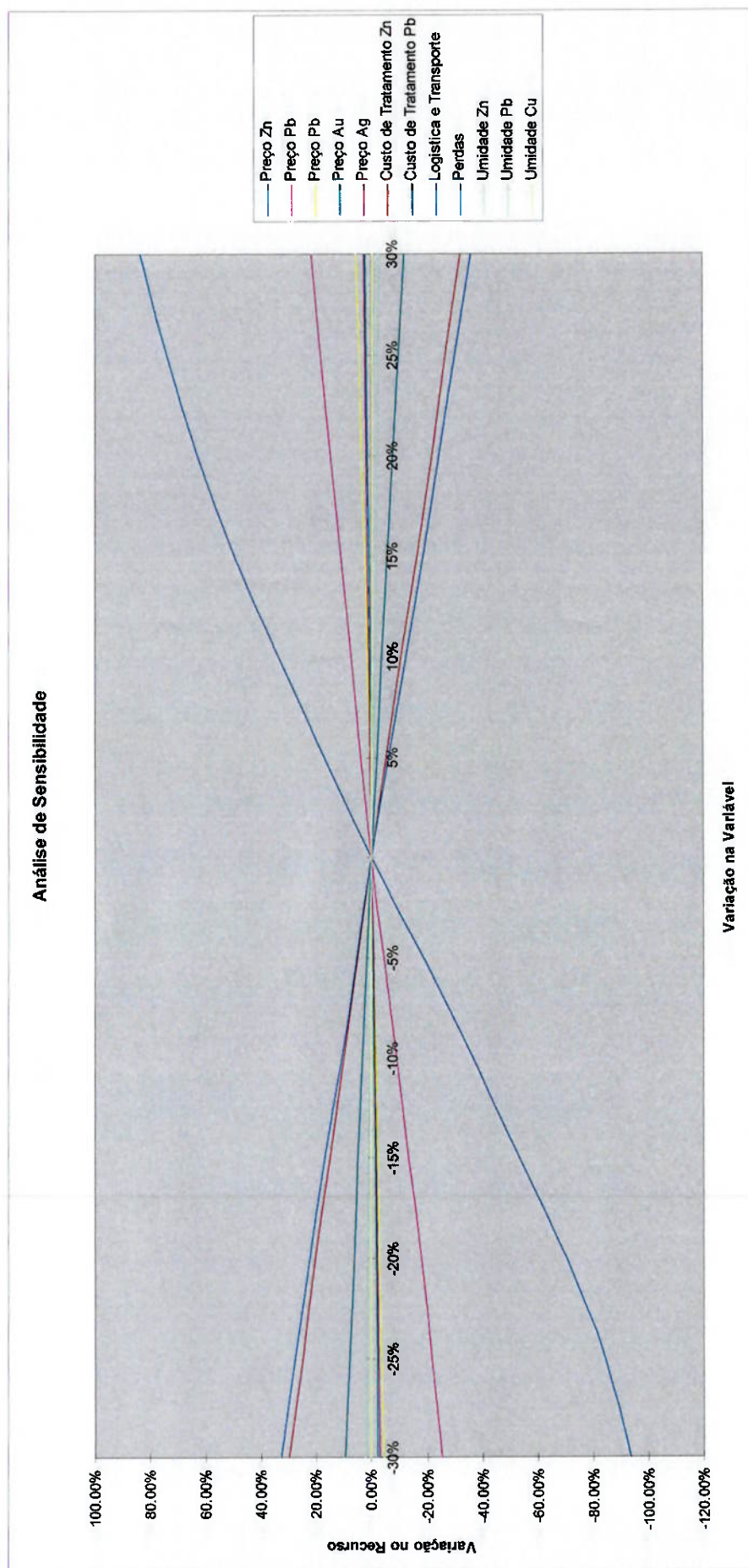


Ilustração 5 - Variação do Recurso x Variação no Parâmetro

2.4.3. Análise de Cenário

Após a definição dos parâmetros do NSR mais sensíveis ao cálculo do recurso mineral lavrável, foi realizada uma análise de Cenário, onde os dois parâmetros mais sensíveis serão variados simultaneamente, considerando o primeiro cálculo do recurso como o caso base apresentado na tabela 2, obtendo assim, vários cenários possíveis assim como os cenários mais otimista e o mais pessimista.

Nas colunas, temos a variação no Preço Zn e nas linhas temos a variação do parâmetro “Custos de Transporte e Logística”, os valores em porcentagem da tabela representam a variação relativa ao valor do recurso do caso “base”.

A tabela 4 mostra os resultados da análise de Cenário. A região em vermelho apresenta os cenários onde a variação dos parâmetros apresenta um desempenho pior em relação ao caso base, onde o pior caso se encontra no canto inferior esquerdo. A região verde apresenta os cenários onde a variação dos parâmetros apresenta um desempenho melhor em relação ao caso base, e o melhor caso se encontra no canto superior direito da tabela.

Preço Zn		-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Transporte e Logística	-30%	-70.00%	-53.06%	-35.72%	-18.28%	-0.38%	16.95%	33.27%	49.28%	62.93%	74.24%	83.89%	92.08%	99.35%
	-25%	-75.24%	-59.25%	-41.44%	-23.96%	-6.30%	11.13%	28.07%	44.27%	58.59%	70.66%	80.92%	89.55%	96.94%
	-20%	-80.31%	-64.82%	-47.02%	-30.05%	-12.23%	5.32%	22.56%	38.52%	54.14%	67.05%	77.56%	86.70%	94.51%
	-15%	-84.44%	-70.14%	-52.89%	-35.96%	-18.26%	-0.16%	17.15%	33.51%	49.48%	63.06%	74.25%	83.90%	92.06%
	-10%	-88.07%	-75.20%	-59.11%	-41.58%	-24.17%	-5.89%	11.16%	28.14%	44.49%	58.68%	70.75%	80.97%	89.45%
	-5%	-91.07%	-80.05%	-64.87%	-47.08%	-30.24%	-12.03%	5.55%	22.81%	38.65%	54.29%	67.07%	77.73%	86.72%
	0%	-93.45%	-84.27%	-69.93%	-52.84%	-36.20%	-18.54%	0	17.21%	33.69%	49.67%	63.12%	74.33%	83.95%
	5%	-95.30%	-87.92%	-74.94%	-59.04%	-41.75%	-24.28%	-5.91%	11.44%	28.19%	44.71%	58.90%	70.78%	81.02%
	10%	-96.69%	-90.95%	-79.66%	-64.81%	-47.13%	-30.35%	-12.12%	5.74%	23.04%	38.77%	54.41%	67.12%	77.90%
	15%	-97.60%	-93.41%	-84.09%	-69.73%	-52.75%	-36.30%	-18.70%	-0.10%	17.28%	33.83%	49.70%	63.15%	74.39%
	20%	-98.18%	-95.24%	-87.83%	-73.72%	-58.68%	-41.73%	-24.41%	-5.95%	11.48%	28.36%	44.80%	58.96%	70.75%
	25%	-98.62%	-96.64%	-90.78%	-79.32%	-64.40%	-47.10%	-30.19%	-12.19%	5.68%	23.10%	38.94%	54.59%	67.18%
	30%	-98.80%	-97.56%	-93.23%	-83.66%	-69.50%	-52.52%	-36.23%	-18.65%	-0.28%	17.38%	33.89%	49.72%	63.24%

Tabela 4 - Análise de Cenário Múltipla - Dois Parâmetros: Preço Zn e Custos de Transporte e Logística

3. Conclusões

Uma análise de cenário fornece uma ferramenta simples, mas muito importante na tomada de decisões de qualquer empreendimento com as características da mineração. A estimativa de qualquer parâmetro que vise dar um valor econômico para um recurso mineral, pode ser crucial para a viabilidade do projeto inteiro, e um estudo de sensibilidade nos dá um sinal de quais parâmetros devem ser cuidadosamente estimados pois sua variação apresenta uma sensibilidade alta no cálculo do recurso mineral lavrável.

Neste estudo observamos claramente o impacto dos preços das commodities no tamanho do recurso lavrável, chegando a 80% de aumento no recurso caso o preço do Zn se eleve 30% sobre o valor projetado e utilizado na avaliação do projeto. Sendo que quando associamos o preço do Zn ao custo de Transporte e Logística a variação pode ser de até 99% no recurso para o caso mais otimista. O mesmo raciocínio cabe no caso pessimista. É possível afirmar que uma variação de 30% nos preços das commodities é plausível, sobretudo no momento atual de indecisão e alta volatilidade proporcionada pela crise mundial que estamos passando.

Tal variação no cálculo do recurso mineral lavrável, leva a um novo e diferente plano de lavra para o recurso, impactando conseqüentemente na metragem de desenvolvimento de galerias necessária para a sua extração. Isto será considerado no planejamento de lavra, na fase de transformação do recurso mineral lavrável em reserva.

A análise de cenário é amplamente utilizada, mas pode ser uma ferramenta perigosa na tomada de decisões. O recurso lavrável calculado para cada cenário é matematicamente consistente, o que dá uma sensação respeitável ao processo, mas uma tomada de decisão baseada somente nestes resultados pode ser errônea, visto que não há nenhuma abordagem probabilística na ocorrência de qualquer cenário. Em uma análise probabilística utilizando por exemplo a simulação de Monte Carlo, todos os casos possíveis são considerados simultaneamente e repetindo o processo várias e várias vezes chega-se a uma distribuição para o recurso lavrável, mais confiável para uma futura tomada de decisão, mas tal análise não está no escopo deste estudo.

4. Bibliografia

TORRIES, F. T. Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions. Published by Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 1998

RUNGE, C. I. Mining Economics and Strategy. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 1998.

BALDWIN, C.G. Understand Royalty Structures. Lawson Lundell, 2003

LANE, F. K. The economic definition of ore cut-off grades in theory and practice Mining Journal Books Ltda, 1988

JORC: Mineral Resources and Ore Reserves. Página da Australasian Joint Ore Reserves Committee (JORC). Disponível em: <<http://www.jorc.org>>. Acesso em: 19 de nov. 2008

5. Anexo

Memorial de cálculo do NSR

```
//Calculo do ZnNSR
{teor do concentrado}
zn
{recuperação do Zn}
recovzn
{zinco contido no bloco}
zncont=(TON*(Zn_pct/100)*recovzn)/lead
{recuperação de Ag}
agrecov
{distribuição do Ag}
agdistrib
{Ag contido no concentrado}
if (zncont >0) aggr=(TON*Ag_gt*agrecov*agdistrib)/zncont
    else aggr=0 end
{umidade}
znmoist
{toneladas de concentrado enviadas incluindo umidade}
znconship=zncont/(1-znmoist)
{perdas no frete}
znshplos
{tonelada seca recebida}
znconrec=zncont*(1-znshplos)
{deduções metalúrgicas do Zn}
znded = 0.08
{deduções metalúrgicas do Ag}
agded=93.31044
{taxa de refino do Ag}
agref=0
{pagamento do Ag após deduções}
agp=0.70
{preço LME projetado do Zn}
znprice
{preço LME projetado do Au}
auprice
{preço LME projetado do Ag}
agprice
{Metal pago}
if (zn-znded<0) znpay=0
    else znpay=(zn-znded)*znprice end
{Metal pago}
if (aggr-agded<0) agpay=0
    else agpay=(aggr-agded)*agp*agprice/31.10348 end
{Custo de tratamento do concentrado}
conch
{Custo de Logística/Transporte}
transplogi
```

```

{Custo de Logística/Transporte corrigido}
ship=transplogi/(1-znmoist)
{Custos referentes ao Ag}
agch=aggr/31.10348*agp*agref
{NSR total do Zn}
nsrt=(znpay+agpay-ship-conch-agch)*znconrec
{NSR do Zn por tonalada}
if (TON>0) znnsr=nsrt/TON
    else znnsr=0 end

```

//Cálculo do PbNSR

```

{teor do concentrado}
lead
{recuperação do Pb}
recovpb
{Pb contido no bloco}
pbcont=(TON*(Pb_pct/100)*recovpb)/lead
{recuperação de Au}
aurecov
{distribuição do Au}
audistrib
{Au contido no concentrado}
if (pbcont>0) augr=(TON*Au_gt*aurecov*audistrib)/pbcont
    {Ag contido no concentrado}
    aggr=(TON*Ag_gt*agrecov*agdistrib)/pbcont
    else augr=0 aggr=0 end
{umidade}
pbmoist
{toneladas de concentrado enviadas incluindo umidade}
pbconship=pbcont/(1-pbmoist)
{perdas no frete}
pbshplos
{tonelada seca recebida}
pbconrec=pbcont*(1-pbshplos)
{deduções metalúrgicas do Pb}
pbded=0.03
{deduções metalúrgicas do Au}
if (augr*0.05<1.4929) auded=1.4929
    else auded=augr*0.05 end
{deduções metalúrgicas do Ag}
if (aggr*0.05<49.76558) agded=49.76558
    else agded=aggr*0.05 end
{preço LME projetado do Pb}
pbprice
{Metal pago}
if (lead-pbded<0) pbpay=0
    else pbpay=(lead-pbded)*pbprice end

```

```

if (augr-auded<0) aupay=0 {Metal pago} auref=0 {taxa de refino do Au}
    else aupay=(augr-auded)*auprice/31.10348 auref=6*(augr-auded)/31.10348 end
if (aggr-agded<0) agpay=0 {Metal pago} agref=0 {taxa de refino do Ag}
    else agpay=(aggr-agded)*agprice/31.10348 agref=0.35*(aggr-agded)/31.10348 end
{NSR total do Pb}
nsrt=(pbpay+aupay+agpay-ship-conch-auref-agref)*pbconrec
{NSR do Zn por tonalada}
if (TON>0) pbnsr=nsrt/TON
    else pbnsr=0 end

```

//Calculo do CuNSR

```

{teor do concentrado}
copp
{recuperação do Cu}
recovcu
{Cu contido no bloco}
cucont=(TON*(Cu_pct/100)*recovcu)/copp
{Au contido no concentrado}
if (cucont>0) augr=(TON*Au_gt*aurecov*audistrib)/cucont
{Ag contido no concentrado}
aggr=(TON*Ag_gt*agrecov*agdistrib)/cucont
    else augr=0 aggr=0 end
{umidade}
cumoist
{toneladas de concentrado enviadas incluindo umidade}
cuonship=cucont/(1-cumoist)
{perdas no frete}
cushplos
{tonelada seca recebida}
cuconrec=cucont*(1-cushplos)
{deduções metalúrgicas do Cu}
if (copp*0.03>0.01) cuded=copp*0.03
    else cuded=0.01 end
{deduções metalúrgicas do Au}
if (augr*0.1>1.0) auded=augr*0.1
    else auded=1.0 end
{deduções metalúrgicas do Ag}
if (aggr*0.1>30.0) agded=aggr*0.1
    else agded=30.0 end
{taxa de refino do Cu}
curef=0.08
{taxa de refino do Au}
auref=6
{taxa de refino do Ag}
agref=0.45
{preço LME projetado do Pb}
cuprice
{Metal pago}
if (copp-cuded<0) cupay=0

```

```

    else cupay=(copp-cuded)*cuprice end
{Metal pago}
if (augr-auded<0) aupay=0
    else aupay=(augr-auded)*auprice/31.10348 end
{Metal pago}
if (aggr-agded<0) agpay=0
    else agpay=(aggr-agded)*agprice/31.10348 end
{Custos referentes ao Cu}
cuch=(copp-cuded)*2204.622*curef
{Custos referentes ao Au}
auch=(augr-auded)/31.10348*auref
{Custos referentes ao Ag}
agch=(aggr-agded)/31.10348*agref
{NSR total do Cu}
nsrt=(cupay+aupay+agpay-ship-conch-cuch-auch-agch)*cuconrec
{NSR do Cu por tonalada}
if (TON>0) cunsr=nsrt/TON
    else cunsr=0 end
{Valor do NSR total do bloco incluindo royalties}
NSR=(znnsr+pbnsr+cunsr)*0.964

```