Alexandre Cezar Chagas Luz

OPÇÕES REAIS: CASO DE OPÇÃO DE ABANDONO EM UM PROJETO DE MINERAÇÃO

Monografia apresentada ao PECE-Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Curso: MBA em Engenharia Financeira

Professor Orientador: André Cury Maialy

SÃO PAULO
2011

FICHA CATALOGRÁFICA:

M 2011 F

LUZ, Alexandre G. Chagas.
Opções Reais: Caso de Opção de Abandono em um Projeto de Mineração
São Paulo, 2011.

Monografia apresentada ao PECE-Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – MBA em Engenharia Financeira

PECE

2167675

1. Engª financeira

Alexandre Cezar Chagas Luz

OPÇÕES REAIS: CASO DE OPÇÃO DE ABANDONO EM UM PROJETO DE MINERAÇÃO

Monografia apresentada ao PECE-Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Curso: MBA em Engenharia Financeira

Professor Orientador: André Cury Maialy

Avaliação:

Banca examinadora

Prof. Orientador: André Cury Maialy_____

Prof. Alexandre de Oliveira_____

Prof. Oswaldo Luiz do Valle Costa_____

São Paulo, 20 de janeiro de 2011.

À minha esposa Marcela,
Pela paciência e incentivo.

Agradecimentos

Aos companheiros pela convivência e aos professores deste curso por estes dois anos de ensinamentos. Em especial, ao meu orientador professor André Cury Maialy, pela dedicação e ajuda para elaboração deste trabalho.

RESUMO

A crescente presença de incertezas geradas por diversas dinâmicas da economia atual tem exigido maior acuidade dos gestores na análise e tomada de decisão de investimentos em novos projetos.

O trabalho procurou mostrar, através de um caso prático de opção estratégica de abandono em um projeto de mineração, que a Teoria das Opções Reais vem contribuindo significativamente para a renovação das ferramentas existentes, tanto no tratamento das incertezas quanto também no reconhecimento de opções estratégicas identificadas em um projeto. Estas são alternativas de curso para o projeto visando aumento de ganhos ou redução de perdas que podem ser decididas no futuro, com base em informações futuras, porém, com base na Teoria das Opções Reais, podem ser refletidas no valor do projeto no momento da tomada de decisão.

Palavras-Chave:

Opções Reais - Opção de Abandono – Análise de Projetos – Incertezas na Avaliação de Investimentos – Projetos de Mineração

ABSTRACT

The growing presence of uncertainties generated by various dynamics of the modern economy has required greater accuracy from managers in the analysis and decision making process to for new project' investments. This paper tries to show, through a case study of strategic option to abandon a mining project, that the Real Options Theory has contributed significantly to the renewal of existing decision tools, both in the treatment of uncertainties and also in recognition of existing strategic options. These are alternative courses to the project aiming to increase value or reduce losses that can be decided in the future, based on future information, but, according to the Real Options Theory, they can be reflected in the project's value at the time of decision making.

Key Words:

Real Options – Option to Abandon – Investment Analysis – Uncertainties on Investment Analysis – Mining Projects

SUMÁRIO **Pág**

1. INTRODUÇÃO **12**

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **16**

2.1. Críticas ao Método Tradicional de Fluxo de Caixa Descontado 17

2.2. Análises de Sensibilidade e de Cenários 19

2.3. Análise Probabilística de Risco 20

2.4. Árvore de Decisão 21

2.5. Teoria das Opções Reais 23

2.6. Evolução dos Modelos e Aplicações da Teoria das Opções Reais 25

3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE OPÇÕES REAIS **27**

3.1. Árvore Binomial 28

3.2. Equação Diferencial Parcial 29

3.3. Simulação de Monte Carlo 30

4. CASO: VALOR DA OPÇÃO DE ABANDONO EM UM PROJETO DE MINERAÇÃO **32**

4.1. Principais premissas e parâmetros 33

4.1.1 Cronograma do projeto 34

4.1.2 Plano de Lavra 34

4.1.3 Produção 35

4.1.4 Custos Operacionais 37

4.1.5 Investimentos 37

4.1.6 Fechamento da Mina 38

4.1.7 Valor Residual de Equipamentos 39

4.1.8 Outras premissas 40

4.2 Metodologia **41**

4.2.1 Projeções de Preços do Níquel Metálico 42

4.2.2 Projeções de Resultados e Fluxo de Caixa 43

4.2.3 Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) 44

4.2.4 Valor da Opção de Abandono 45

SUMÁRIO (cont..) **Pág**

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO CASO **49**

5.1. Projeções de Preços do Níquel Metálico 50

5.2. Projeções de Resultados e Fluxo de Caixa 50

5.3. Valor Presente Líquido (VPL) do projeto 51

5.4. Valor da Opção de Abandono 52

6. CONCLUSÕES 58

7. DESENVOLVIMENTO FUTURO 62

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

APÊNDICE 69

LISTA DE TABELAS

Pág

Tabela 01 – Abastecimento da Planta 35

Tabela 02 - Período de Ramp-up 36

Tabela 03 – Metal Contido no Minério e Produto 36

Tabela 04 - Custos Operacionais Unitários 37

Tabela 05 - Investimentos Inicial e Correntes 38

Tabela 06 – Custo de Fechamento da Mina 49

Tabela 07 – Valor Residual de Equipamentos 40

Tabela 08 - Simulação de Preços de Venda do Níquel Metálico 70

Tabela 09 - Premissas de Projeção dos Fluxos de Caixa 72

Tabela 10 - Projeções de Fluxo de Caixa 73

Tabela 11 - Despesas de Depreciação/ Amortização 75

Tabela 12 - Valor Presente Líquido Projeto pelo Método FCD antes do exercício da Opção de Abandono 76

Tabela 13 - VPL remanescente do projeto a cada ano antes do exercício da Opção de Abandono 78

Tabela 14 - Valor Presente Líquido pelo Método das Opções Reais após o exercício da Opção de Abandono 80

Tabela 15 - VPL remanescente do projeto a cada ano após o exercício da Opção de Abandono 82

LISTA DE GRÁFICOS

Pág

Gráfico 01 - Simulação de preços unitários do Níquel metálico vendável Processo de Ornstein-Uhlenbeck de reversão à média 50

Gráfico 02 - Simulação de Fluxos de Caixa do Projeto antes do Custo de Fechamento e Valor Residual de Venda de Equipamentos 51

Gráfico 03 - VPL por trajetória antes do exercício de Opções de Abandono 52

Gráfico 04: VPL remanescente - Custo de Fechamento + Valor Residual antes do exercício de Opções de Abandono 53

Gráfico 05 - VPL remanescente - Custo de Fechamento + Valor Residual após exercício de Opções de Abandono 54

Gráfico 06 - VPL por trajetória após o exercício de Opções de Abandono 54

Gráfico 07 - Probabilidade de Abandono do Projeto 56

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade e da volatilidade impulsionado por diversas dinâmicas da economia atual tem levado gestores das empresas a compreender que as incertezas não são um fenômeno temporário e que dada a sua relevância, devem fazer parte das análises para tomada de decisões empresariais.

Essa permanência das incertezas vem demandando maior acuidade no processo de tomada de decisão de investimentos, exigindo melhorias na identificação e análise de riscos e de oportunidades e no desenvolvimento de estratégias e ações alternativas visando um melhor posicionamento diante de situações futuras que poderão ter seu curso alterado de forma volátil.

Ao avaliar um projeto de investimento, a preocupação com as incertezas e estratégias alternativas não está necessariamente voltada à criação de um estado de prontidão para a gestão do projeto, no período de implantação ou de operação, mas principalmente à melhoria do processo decisório, visando a melhor alocação possível para os recursos dos investidores.

Nesse contexto, a Teoria das Opções Reais (TOR) tem trazido uma contribuição significativa e vem se mostrando uma alternativa viável para preencher lacunas no processo decisório deixadas pelo método tradicional de análise de investimentos, o fluxo de caixa descontado (FCD), e pelas técnicas complementares e alternativas que se sucederam.

Utilizando o poderoso ferramental matemático da Teoria das Opções, a TOR possibilita a introdução de processos estocásticos em variáveis críticas da modelagem econômica de projetos e, através de métodos de simulação, é capaz de figurar os riscos resultantes para o projeto como um todo, tendo como limite a capacidade computacional.

De posse dessas ferramentas, no entanto, o grande mérito da TOR está em colocar a estratégia para dentro da análise econômica, ao possibilitar a modelagem de alternativas estratégicas como opções reais para o projeto e atribuir a elas uma medida quantitativa. Mais importante ainda é notar que a aplicação da teoria permite que o valor da estratégia, que corresponde a uma ação futura que poderá ser tomada caso ao longo da vida do projeto a gestão se depare com uma situação adversa, seja reconhecido e incorporado ao valor econômico do projeto no momento da decisão do investimento.

O objetivo deste trabalho foi criar uma aplicação simples, com apenas uma opção, a Opção de Abandono, visando demonstrar o potencial da Teoria das Opções Reais

na análise de um projeto de investimento em mineração, através do reconhecimento do valor que pode ser adicionado ao projeto e da informação dos riscos associados a esta ação estratégica e a utilidade destas informações no processo de tomada de decisão do investimento.

O Capítulo2, Revisão Bibliográfica, inicia com uma revisão da literatura sobre as origens com do método do fluxo de caixa descontado (FCD) com uma breve descrição da metodologia básica e das críticas ao método que tiveram início na década de 80. Estas críticas são relacionadas ao problema do não tratamento das incertezas ao trabalhar com fluxos de caixa determinísticos; da utilização da taxa de desconto ajustada ao risco que dificulta a análise do risco associado aos fluxos de caixa e de alternativas com riscos diferentes; da passividade gerencial ao não reconhecer a flexibilidade para adoção de estratégias alternativas e do pressuposto da reversibilidade dos investimentos sendo que na verdade não são.

Na sequência do capítulo estão apresentadas as principais técnicas complementares ao método FCD. São elas, a Análise de Sensibilidade, a Análise de Cenários e a Análise Probabilística de Riscos (APR). As duas primeiras de forma discreta, e a APR que utiliza a Simulação de Monte Carlo, representam progressos no que diz respeito ao tratamento de incertezas no projeto, porém não avançaram na solução das demais deficiências atribuídas ao método FCD.

Outra técnica, considerada mais como uma alternativa ao método FCD é a Árvore de Decisão foi desenvolvida para solucionar problemas de projetos caracterizados por decisões sequenciais e riscos discretos. Comentários com relação à sua aplicabilidade em outros tipos de projeto e o tratamento à taxa de desconto estão apresentados no item 2.4.

No item 2.5 está apresentada a abordagem conceitual da Teoria das Opções Reais (TOR), apontada como a solução mais completa às críticas atribuídas ao método FCD, tema central que é abordado sob diversas perspectivas ao longo desse trabalho. No item 2.6 encontra-se um sumário da evolução de modelos e principais aplicações da TOR encontradas na vasta literatura existente sobre o tema.

No Capítulo 3, são discutidas em linhas gerais as diretrizes para escolha do método de avaliação das Opções Reais, em função do tipo adequado de opção financeira, estrutura a disponibilidade de parâmetros da opção reais, dado que o objetivo é a replicação da realidade. Os métodos sumarizados no capítulo são o da Árvore Binomial, das Equações Diferenciais Parciais com soluções analíticas e numéricas e

a Simulação de Monte Carlo.

O Capítulo 4 inicia com uma descrição do Caso de aplicação da TOR, que se trata de um projeto completo de mineração de níquel. Estão apresentadas as premissas detalhadas para o desenvolvimento das projeções financeiras para a estimativa da geração de caixa livre do empreendimento, além dos custos de fechamento e o valor residual de resgate de equipamentos, que fazem parte do conjunto de informações necessárias. A metodologia de simulação estocástica de preços de venda e estimativas do Valor Presente Líquido (VPL) do projeto e a valoração da Opção de Abandono valoração da Opção de Abandono completam o capítulo.

No Capítulo 5 estão apresentados os resultados do Caso. Encontram-se os gráficos de projeções de preços, fluxo de caixa e distribuição dos VPLs das trajetórias simuladas, antes e depois do exercício da Opção de Abandono, e a estimativa do valor esperado. Os resultados finais estão comentados. Além do valor, ou *payoff* da Opção de Abandono, há também uma análise da probabilidade de abandono, que também se constitui numa informação relevante sobre o risco do projeto.

O Capítulo 6 traz as principais conclusões do trabalho e o Capítulo 7, aborda sumariamente alguns pontos que poderão contribuir para o desenvolvimento da TOR nos aspectos estratégico, da modelagem e aplicações.

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Críticas ao Método Tradicional de Fluxo de Caixa Descontado

A teoria dos juros e do valor do tempo foi publicada por Irving Fisher no início do século passado (FISHER, 1907). A despeito das melhorias e refinamentos pelos quais passou através dos anos, esta ainda se constitui na base da principal técnica utilizada atualmente pelas empresas para análise e decisão de investimento em novos projetos (DAMODARAN, 1994), o método do Valor Presente Líquido (VPL) ou do fluxo de caixa descontado (FCD).

A abordagem tradicional do método FCD envolve, essencialmente, o desconto dos fluxos de caixa líquidos de um projeto a uma taxa que representa a taxa de juros livre de risco acrescida de um prêmio que reflita o risco associado a esses fluxos de caixa (taxa de desconto ajustada ao risco).

A fórmula básica do VPL é muito simples. Se FC_t é o fluxo de caixa associado ao projeto no ano t. O valor presente líquido do projeto é:

$$VPL = \sum_{t=0}^{T} FC_t/(1+r)^t$$

Onde : T é o horizonte de planejamento e r é a taxa de desconto.

Se a somatória dos fluxos de caixa do projeto, durante as fases de implantação e de operação, trazidos ao valor presente pela taxa ajustada ao risco for maior que zero, o projeto deverá ser aprovado.

Apesar da sua ampla utilização no meio empresarial, a método tem sofrido muitas críticas por parte de diversos autores e profissionais do campo das finanças, principalmente nas últimas três décadas ((BRENNAN & SCHWARTZ, 1985), (DIXIT & PINDYCK , 1994)).

São quatro as principais críticas apontadas ao método FCD:

i. Foi idealizado para operar com fluxos de caixa determinísticos;

ii. Não captura o valor das flexibilidades gerenciais e operacionais existentes em um projeto que alteram o seu valor;

iii. Desconsidera que a presença de flexibilidades altera o risco o que, implicaria em mudança na taxa de desconto;

iv. Não leva em conta que o investimento em um projeto seja parcial ou completamente irreversível.

Atualmente, a volatilidade causada por diversos fatores no ambiente macro e microeconômico dos negócios, entre eles a globalização e suas inúmeras consequências e o avanço tecnológico, é bastante superior ao que tínhamos há duas décadas e vem demandando o desenvolvimento de estratégias cada vez mais elaboradas. A preocupação com as incertezas passou a ocupar posição de destaque no processo de análise e tomada de decisão de novos investimentos.

O Valor Presente Líquido é amplamente utilizado e reconhecidamente um bom indicador econômico para decisão de investimento. No entanto, na presença de incertezas parte de um pressuposto básico: os dados de entrada e o resultado econômico, determinísticos por suposição, são substituídos pelos seus valores esperados e mantidos constantes por toda a vida do projeto e sendo assim, os riscos não podem ser avaliados.

A segunda crítica, é que dado que o modelo pressupõe que os dados de entrada, representados pelos seus valores esperados, serão mantidos até o final da vida.

Isto quer dizer que a gerência não terá nenhuma reação, não tomará nenhuma decisão de mudança de rumo caso o cenário em algum momento a frente seja diferente daquele esperado inicialmente, no momento da decisão de investimento. A prática da gestão é muito diferente, toma-se a decisão de aumentar a produção em um cenário de aumento de preços, de interromper para futura retomada em caso de uma queda de demanda ou mesmo abandonar definitivamente caso por qualquer razão de mercado, tecnológica ou outra, se o projeto se mostrar inviável.

Estas possibilidades podem, no entanto, apresentar um valor econômico significativo, não capturado pelo método FCD. Este valor é denominado na literatura de valor da flexibilidade gerencial, apontado pela primeira vez por Dixit & Pindyck (1994):

"a regra do valor presente líquido, não é suficiente. Para tomar decisões inteligentes de investimentos, administradores precisam considerar o valor de conservar as opções em aberto."

A terceira crítica, também decorrente do mesmo motivo é que uma vez que o gestor

tem a possibilidade de tomar medidas corretivas no futuro, em função do cenário que se desenhar naquele momento, o risco de perdas com esse cenário deve ser eliminado. Ou seja, uma vez que o risco é menor, a taxa de desconto deve também ser menor e o VPL, por consequência, maior. Usualmente as empresas adotam uma taxa de corte ("*hurdle rate*") para desconto do fluxo de caixa equivalente ao custo de capital mais um prêmio por riscos no projeto. Esta taxa deveria ser revista a cada opção que for introduzida na análise que leve ao aumento da flexibilidade gerencial e, consequente, à redução do risco do projeto, ou seja, a diversificação do risco, na prática não é capturada pelo método FCD.

Por fim o modelo de fluxo de caixa descontado pressupõe implicitamente que o capital investido é reversível, sendo que na prática não é. Conforme Dixit & Pindyck (1994):

"O investimento é parcialmente ou completamente irreversível. Em outras palavras, o custo inicial do investimento é pelo menos parcialmente perdido, e você não pode recuperá-lo totalmente caso mude de ideia."

A maior parte dos projetos tem a característica de ser parcialmente irreversível, isto significa que a qualquer momento que a empresa venha a desistir do investimento vai incorrer em algum tipo de perda. Estas perdas são relativas aos itens de gastos de capital irrecuperáveis ou sem valor de resgate por serem específicos daquele empreendimento. Em outras palavras, quando a empresa decide realizar um investimento irreversível (dado que parte dos gastos serão afundados (*sunk costs*)), estará perdendo a oportunidade de postergar o projeto visando melhores condições econômicas em um período futuro. Esta perda de valor, equivalente ao valor da opção de postergar o projeto não é percebida pelo método do FCD.

A seguir nos itens 2.2 a 2.5 estão apresentadas técnicas complementares e alternativas que surgiram com o objetivo de corrigir as principais falhas apontadas ao método FCD. São elas as Análises de Sensibilidade e de Cenários, Análise Probabilística de Risco, Árvore de Decisão e a Teoria das Opções Reais.

2.2 Análises de Sensibilidade e de Cenários

Algumas técnicas já bastante divulgadas são utilizadas pra atenuar o problema do

método FCD na presença de incertezas, a mais conhecida é a análise de sensibilidade. Nesta análise, durante o processo são identificadas as variáveis de entrada e de saída que são críticas ao desempenho econômico do projeto, e estas são simuladas individualmente, de forma discreta, no modelo FCD, observando-se daí o impacto das variações de cada uma no VPL. A principal utilidade da análise de sensibilidade é possibilitar a avaliação de eventuais inacurácias na estimação dos dados de entrada, no entanto, a visão do efeito das variações no VPL é limitada, pois a análise é feita uma a uma, ou seja, não há percepção do risco do projeto.

Para melhorar a análise do efeito das incertezas no VPL do projeto, um avanço sobre a análise de sensibilidade, ainda de caráter determinístico, é a elaboração de cenários. A partir de um entendimento das correlações entre as variáveis críticas o analista pode montar combinações coerentes que simulam realidades virtualmente otimistas ou pessimistas, em contrapartida ao cenário base, que é o conjunto formado pelos valores esperados das variáveis. Ao visitar os extremos, o analista pode ter uma medida dos riscos do projeto como um todo que será útil no processo decisório.

2.3 Análise Probabilística de Risco

Outra técnica que vem sendo utilizada na tentativa capacitar o método FCD para lidar com incertezas é a Análise Probabilística de Risco (APR) utilizando a Simulação de Monte Carlo (SMC). O método de Monte Carlo tem criação atribuída a Neumann & Ulam (ASPRAY, 1992) na metade do século passado e foi aplicado pela primeira vez para simulações em finanças por Hertz (1964). É um método estatístico com aplicação em diversas áreas e a sua função consiste basicamente na geração de observações segundo uma distribuição definida de probabilidades.

A metodologia começou a ser usada em maior escala a partir da década de 90 quando os computadores pessoais passaram a contar com capacidade de processamento suficiente para executar as simulações. Atualmente existem vários softwares comerciais inclusive vinculados a planilhas eletrônicas que trabalham com o método.

O trabalho do analista para executar a APR envolve duas etapas importantes. A

primeira é a parametrização dos perfis de risco dos dados de entrada da análise. Uma vez identificadas as variáveis de risco relevantes do projeto, o trabalho consiste no estabelecimento para cada uma delas do tipo e parâmetros das distribuições de probabilidade. Em seguida, de maior complexidade é a identificação das correlações entre as variáveis de risco. A simulação executa a combinação dos vários dados de entrada sorteados produzindo, na saída, a distribuição de probabilidades dos indicadores escolhidos, estamos falando no caso do VPL. Ou seja, em cada simulação executada, que podem ser milhares, serão combinados valores sorteados de cada uma das variáveis, o equivalente a um cenário, resultando em um VPL.

Do ponto de vista da introdução de incertezas, a primeira das críticas citadas, os três métodos representaram avanços crescentes. Não obstante, em nada contribuem para as demais críticas, ou seja, o valor da flexibilidade gerencial, oriundo de possibilidades estratégicas alternativas, continua despercebido ao método. Mesmo em cenários altamente negativos, a suposição que o projeto seguirá até o final da vida, com aceitação passiva da gerência é mantida.

O mesmo pode-se dizer em relação à taxa de desconto. Prova disso ocorre em casos onde há identificação de assimetria na distribuição dos resultados (VPL), verificada pela diferença entre o valor mais provável obtido pela simulação e o valor esperado, determinístico. Isto é uma indicação clara de que o risco do projeto é diferente daquele previsto inicialmente que, pelo menos em tese é parâmetro na definição da taxa de desconto adotada (em geral uma taxa de corte (*"hurdle rate"*)), e dificilmente é revisto. Observando que assimetrias na saída, no caso, o VPL, são resultantes também de assimetrias nas distribuições de probabilidade de dados de entrada.

Quanto ao pressuposto da irreversibilidade, não há progresso originado por nenhuma das técnicas citadas.

2.4 Árvore de Decisão

O método da Árvore de Decisão (AD) foi concebido para solucionar problemas de avaliação de projetos que envolvem decisões sequenciais com riscos discretos. Exemplos típicos de aplicação do método são projetos de P&D e de lançamento de

novos produtos com base em testes de mercado, no entanto sua aplicação vem se estendendo para projetos industriais e de extração mineral.

A metodologia divide o projeto em fases, como uma sequência de eventos incertos para os quais são tomadas decisões. Para cada evento a decisão é tomada com base nos fluxos de caixa marginal daquele evento.

Uma vez completada a árvore, os resultados possíveis e as probabilidades de ocorrência de cada fase estarão disponíveis, o que possibilita uma avaliação completa do risco e, desta forma, ser utilizado para a determinação do melhor curso de ação em cada fase, além de um valor esperado do projeto como um todo.

Desta forma, o método AD resolve o problema da valoração da flexibilidade gerencial. Ao ligar ações e escolhas aos resultados dos eventos incertos, fornece o valor da opção de se tomar um curso alternativo, além de incentivar a gerência ao pensamento estratégico e ao planejamento de ações para diversas situações possíveis, já no momento da decisão do investimento.

Ter as informações detalhadas, de como os fluxos de caixa se desdobram ao longo do tempo, podem ter outras utilidades para a gerência, como por exemplo, na decisão de *hedge*, dado que as informações dos benefícios de fazê-lo estarão imediatamente disponíveis.

Quanto à taxa de desconto, o problema já envolve uma complexidade maior e, segundo Damodaran (2009), remete à discussão se o método é uma alternativa ou um adendo ao método do fluxo de caixa descontado.

"...há alegações de que a correta taxa de desconto para se estimar o valor presente em árvores de decisão é a taxa livre de risco, e que, usando-se uma taxa de desconto ajustada ao risco, estaríamos incorrendo em uma dupla contagem do risco. Salvo em circunstâncias excepcionais, o raciocínio está incorreto... O valor esperado ponderado pela probabilidade que obtemos não é ajustado ao risco."

e,

"A única razão para se usar uma taxa livre de risco é que o risco embutido nos resultados incertos do ativo específico será diversificado, caso em que a taxa de desconto ajustada seria a taxa livre de risco."

A estimação de uma taxa de desconto única é uma questão complexa. O método AD apresenta uma visão detalhada dos riscos, que são diferentes em cada fase, característicos das ocorrências em cada uma e de suas respectivas probabilidades. O maior cuidado é evitar a dupla contagem ou discrepâncias, utilizando uma taxa

alta definida para uma fase de risco elevado para outra, de menor risco.

Um problema alegado pelos críticos do método AD é que com o aumento do número de ocorrências por fase a árvore cresce de tamanho e a complexidade aumenta. Esse argumento é defensável, à medida que o objetivo do método é justamente refletir a flexibilidade gerencial. Isto é, as opções estratégicas relevantes são aquelas oportunidades ou ações contingenciais reais identificadas pela gerência que representam cursos alternativos para o projeto e que foram ignoradas pelo método convencional FCD, tanto com relação seu ao valor, quanto ao risco.

2.5 Teoria das Opções Reais

A Teoria das Opções Reais (TOR) surgiu como uma solução para as críticas apontadas ao FCD. Utiliza os conceitos de valoração de opções financeiras para opções com ativos reais e possibilita a introdução formal de opções estratégicas, identificadas pela gestão, à análise de viabilidade de um projeto de investimento. Nesse aspecto, a TOR cobre esta lacuna e complementa o método FCD, tornando a avaliação do projeto mais consistente.

A questão da flexibilidade gerencial, que já alcançara avanços significativos com o método da Árvore de Decisão, foi abordada de forma mais explicita pela TOR, ao tratar o projeto de investimento como um conjunto de opções reais. Conforme Trigeorgis e Mason (1987): "a avaliação de opções pode ser vista operacionalmente como uma versão especial e economicamente corrigida de análise de árvore de decisão e é mais adequada para avaliar uma variedade de opções operacionais e estratégicas das empresas".

Isto quer dizer que o tomador da decisão de investimento não ficará engessado às projeções de fluxo de caixa convencional onde foram estabelecidos valores esperados para as principais variáveis com base nas informações disponíveis no momento.

Diferentemente do método FCD, cujo pressuposto é que as premissas de projeção são congeladas no momento da decisão, na TOR, pela sua própria concepção, as decisões futuras projetadas para maximizar o valor vão depender de novas informações que surgirão durante a vida do projeto.

A introdução da flexibilidade gerencial no modelo de decisão em outras palavras quer dizer que se uma oportunidade futura relevante que tenha sido identificada, apesar de incerta ela poderá ser incluída na análise e ter seu VPL adicionado. O valor do projeto com as opções passa a ser:

VPL do Projeto = VPL do Projeto sem as Opções Reais + Valor Presente das Opções Reais

Muitas decisões classificadas como estratégicas no processo decisório com o método convencional FCD são, na verdade, opções reais e podem com a TOR ser formal e objetivamente incluídas na análise de viabilidade do projeto.

Dentre as opções reais, comuns em projetos de investimento, podem ser citadas as opções de adiar o investimento, cancelar novas etapas do investimento, alterar a escala de produção, expandir, contrair, fechar temporariamente, reiniciar, abandonar pelo valor, alterar usos (entradas e saídas) e opções de crescimento (TRIGEORGIS, 1995).

Outro problema pendente de solução prática com o método da Árvore de Decisão, endereçado pela TOR é o da taxa de desconto.

Como vimos, o método do FCD consiste basicamente na projeção dos fluxos de caixa determinísticos identificados no projeto, descontado a uma taxa que reflete o risco associado a esses fluxos de caixa, a chamada taxa de desconto ajustada ao risco. A abordagem alternativa, (SCHWARTZ & TRIGEORGIS, 2001) é fazer o ajuste do risco direto nos fluxos de caixa esperados transformando-os em fluxos de caixa ajustados ao risco, e efetuar o desconto à taxa livre de risco.

Com a opção estratégica do adiamento do projeto entre as possibilidades previstas na TOR, está eliminada também a última crítica, apontada por Dixit e Pindyck (1994), a que o método FCD ignora a irreversibilidade parcial ou total existente em projetos.

Conforme comentário feito no item 2.1, a maior parte dos projetos tem a característica de ser parcialmente irreversível, função de gastos irrecuperáveis de capital e operacionais, e que isto significa que a qualquer momento em que a empresa venha a desistir do investimento vai incorrer em algum tipo de perda. Na TOR, ao se avaliar um projeto com característica de irreversibilidade, a opção de postergar o início do projeto, aguardando melhor momento econômico, poderá ser

introduzida e apresentar valor econômico expressivo.

2.6 Evolução dos Modelos e aplicações da Teoria das Opções Reais

Se de um lado, a Teoria das Opções Reais surgiu a partir da insatisfação de profissionais e acadêmicos com as técnicas disponíveis de orçamento de capital, por outro, foi viabilizada pelo importante trabalho de Black e Scholes (1973) e Merton (1973) que resultou no modelo de precificação de opções financeiras, revolucionário para a área de finanças e que rendeu aos autores Scholes e Merton o Prêmio Nobel de Economia em 1997.

Outros trabalhos surgiram nos anos seguintes que contribuíram para a complementação do arcabouço teórico, criando as bases para o tratamento quantitativo de tipos alternativos de opções para diversas aplicações financeiras. Conforme a cronologia de Schwartz & Trigeorgis (2001) a abordagem binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) permitiu uma avaliação simplificada de opções em tempo discreto.

Já motivados pela demanda para a criação de instrumentos para a valoração da flexibilidade gerencial na análise e decisão de investimentos em ativos reais, outros trabalhos surgiram. Schwartz & Trigeorgis (2001) montaram uma coletânea de artigos importantes de vários autores visando consolidar até aquele momento a literatura de opções reais e investimento de capital sob condições de incerteza, com abordagens individuais de diversos tipos de opções reais, enumerados a seguir.

A opção de adiar ou iniciar o investimento foi examinada por McDonald e Siegel (1985), por Paddock, Siegel e Smith (1988) na avaliação de concessões de petróleo offshore, e por Tourinho (1979) na avaliação de reservas de recursos naturais. Ingersoll e Ross (1992) reconsideram a decisão de esperar, tendo em vista o impacto positivo da queda de juros futuros sobre o valor do projeto.

Majd e Pindyck (1987) valoraram a opção de atrasar a construção de projetos sequenciais com tempos de implantação longos, ou se há uma taxa máxima em que o investimento possa ser implantado. Trigeorgis (1993) também lida com a valoração de investimentos sequenciais ou encadeados. Trigeorgis e Mason (1987) examinaram as opções para alterar (expandir ou contrair) a escala de produção. A

opção de parar temporariamente e reiniciar as operações foi analisada por McDonald e Siegel (1985), e por Brennan e Schwartz (1985).

Myers e Majd (1990) analisam a opção de abandonar permanentemente um projeto visando o seu valor de resgate visto como uma opção de venda americana. Opções para alternar entradas e saídas foram examinadas, entre outros por Kulatilaka e Trigeorgis (1994).

CAPÍTULO 3: MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE OPÇÕES REAIS

As flexibilidades gerenciais as quais estamos nos referindo tratam-se, antes de tudo, de oportunidades estratégicas de vários tipos que possam ser identificadas pela gerência do projeto em qualquer momento da sua vida, e que representem uma mudança de curso para outra trajetória, seja ela de expansão, contração, ou de abandono, desde que resulte em benefícios para o projeto refletidos no seu VPL naquele momento, através do aumento da geração de caixa ou da redução de perdas em cenários adversos.

De posse das opções estratégicas, o trabalho do analista estará voltado à identificação do tipo mais adequado de opção financeira (*call, put*, americana, europeia), da definição dos parâmetros que representam o ativo real objeto da avaliação (ativo-objeto, preço de exercício, tempo de maturidade, volatilidade e outros). A escolha é determinada pela complexidade da estrutura do modelo de projeções e das opções reais apresentadas e pelas características próprias dos tipos de opções financeiras, tendo em vista que o objetivo é replicar a realidade.

Definidos o modelo e os parâmetros, o próximo passo é estabelecer a representação matemática das opções reais. São três as principais abordagens citadas por Amram & Kulatilaka (1999) disponíveis para a avaliação de opções reais: modelos de Árvore Binomial, Equações Diferenciais Parciais e Simulação de Monte Carlo.

3.1 Árvore Binomial

A abordagem da árvore binomial (COX, ROSS & RUBINSTEIN, 1979) permite a avaliação quantitativa de opções sem a necessidade de reverter para EDPs e faz com que precificação das opções fique mais intuitiva. Embora uma série de variantes tenha surgido ao longo dos anos, o método binomial é ainda um dos mais populares entre os profissionais.

Tal como acontece com modelos de tempo contínuo, o modelo binomial é o mais apropriado se houver apenas uma única fonte de incerteza. Modelos de árvore, como equações de diferenças finitas, representam uma aproximação em tempo discreto de um processo de tempo contínuo assumido para caracterizar o comportamento do ativo subjacente.

A árvore binomial é uma maneira mais intuitiva de se modelar oportunidades de

investimento. É possível incorporar opções múltiplas, com decisões sequenciais e *payoff* s compiexos.

3.2 Equação Diferencial Parcial

Uma equação diferencial parcial (EDP) descreve as alterações nos valores de opção de mudanças no valor do ativo subjacente com um número de condições de contorno, que refletem as regras de decisão e determinam os valores extremos potenciais da opção real. As soluções para EDPs podem ser classificadas em puramente analíticas, aproximações analíticas e técnicas numéricas.

Soluções Puramente Analíticas

A solução analítica mais famosa é a da opção europeia uma opção de compra descrita pelo modelo Black-Scholes (1973). Posteriormente surgiram outras de soluções que aperfeiçoaram a fórmula base para combinar todos os tipos de situações. A EDP é essencialmente uma equação matemática, baseada em um processo estocástico de tempo contínuo (por exemplo, o movimento browniano geométrico), que "relaciona a variação do valor da opção a variações observáveis no mercado de títulos financeiros" (AMRAM & KULATILAKA, 1999). A modelagem de uma opção real usando EDPs requer derivação e aplicação das condições de contorno. Alguns modelos podem ser calculados por meio de soluções analíticas, mas representam apenas uma pequena fração. Modelos mais complexos devem ser solucionados por outras técnicas como a de diferenças finitas. Esta técnica visa a aproximação da EDP por um conjunto de equações de diferenças, solucionadas em um processo recursivo.

Aproximações analíticas

Uma série de aproximações analíticas para a avaliação de opções americanas também foram propostas. Estas incluem a aproximação polinomial analítica para opções compostas (GESKE & JOHNSON, 1984), aproximação quadrática (MACMILLAN, 1986) e outras como as aproximações heurísticas mostram que quando a aproximação é feita, o EDP pode ser resolvido utilizando métodos padrão (HULL, 1997). A dificuldade prática de aplicação dessas técnicas está no conjunto de dados, que é quase sempre incompleto.

Técnicas numéricas

Quando soluções, ou aproximações, analíticas não existem, a saída é recorrer às técnicas numéricas, que constituem uma boa aproximação das EDPs (TRIGEORGIS, 1996), quer através dos métodos como os de diferenças finitas seja ele implícito ou explícito, elementos finitos e integração numérica.

O método das diferenças finitas, que é bastante utilizado, aproxima as equações diferenciais parciais que descrevem a dinâmica de valor da opção através de um conjunto de equações de diferença, válidas em pequenos intervalos. São estabelecidas condições de contorno para os valores extremos do ativo-objeto (na data de maturidade, nos limites superior e interior). A solução parte dos *payoffs* na data de maturidade e, por meio de um método recursivo, as equações dos intervalos anteriores são solucionadas até o momento inicial (CORTAZAR, 2001).

Métodos de diferenças finitas são as soluções numéricas mais utilizadas para as EDPs (AMRAM & KULATILAKA, 1999), tendo em vista que são aplicáveis tanto a opções americanas quanto europeias (HULL, 1997). Os métodos de diferenças finitas aproximam as EDPs descrevendo a evolução dos valores da opção por um conjunto de equações diferenças que são resolvidas iterativamente (TRIGEORGIS, 1996).

Integração numérica é uma ferramenta que utiliza análise em tempo contínuo para valorar instrumentos derivativos (HULL, 1997), e outros métodos de diferenças finitas são também técnicas complementares que também podem ser aplicadas para avaliação de opções reais.

Uma desvantagem é que a maioria das soluções numéricas para EDPs só podem lidar com um número limitado de fontes de incerteza, pois a complexidade computacional aumenta rapidamente quanto mais fontes são adicionadas. Outra desvantagem, do ponto de vista do tomador de decisões, é a pouca transparência para o processo decisório, tornando difícil o rastreamento das relações causais.

3.3 Simulação de Monte Carlo

O método de Monte Carlo é a técnica de simulação mais utilizada. O método simula o processo estocástico que gera várias trajetórias de retorno do ativo subjacente do

momento atual até a data de maturidade da opção. Pode combinar várias fontes de incerteza e a solução é obtida no final de cada trajetória da variável estocástica subjacente, quando o *payoff* da opção é calculado. A média aritmética dos *payoffs* descontados ao valor presente pela taxa de juros livre de risco é o valor estimado da opção. O valor esperado dos *payoffs* é o valor da opção. Pela Lei dos Grandes Números a média aritmética tende ao valor esperado à medida que o número de trajetórias tende ao infinito e desta forma a média aritmética é o melhor estimador do valor da opção.

CAPÍTULO 4: CASO: VALOR DA OPÇÃO DE ABANDONO EM UM PROJETO DE MINERAÇÃO

O caso visa estimar o valor econômico da flexibilidade gerencial introduzida pela opção estratégica de abandono utilizando o método das opções reais na análise de viabilidade econômica de um projeto de mineração de níquel de uma empresa do setor para fins de tomada de decisão de investimento.

O exemplo parte de um plano de lavra de minério, seguindo-se o beneficiamento e industrialização, apresentando como produto final o níquel metálico na forma e em conformidade com os padrões negociados no mercado. A partir dos dados operacionais, de quantidades mineradas, teores, recuperações metalúrgicas, custos operacionais unitários e investimentos, foram desenvolvidas projeções financeiras anuais para apuração do fluxo de caixa livre gerado pelo projeto, base de cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) do empreendimento.

O exercício da opção de abandono implicará concomitantemente no fechamento antecipado da mina, uma obrigação geralmente assumida junto a entidades ambientais e condicional a obtenção das licenças de implantação e operação do empreendimento. O fechamento implica em gastos referentes à recuperação das áreas degradadas, na sua maior parte, proporcionais à expansão da atividade de extração e cujos fluxos de caixa devem figurar na análise de viabilidade econômica do projeto. Em contrapartida, com o encerramento antecipado, a empresa terá a possibilidade de vender no mercado os equipamentos mecânicos utilizados nas atividades de extração, processamento e transporte que ainda possuam uma vida útil remanescente e desta forma, contar com uma entrada de caixa que deverá ser superior ao valor residual estimado para o final da vida da mina.

A seguir estão detalhadas as principais premissas e parâmetros de cálculo e a metodologia.

4.1 Principais premissas e parâmetros

Os dados anuais de quantidades extraídas, teores minerais, recuperações metalúrgicas, custos, investimentos e demais premissas estão descritos abaixo e apresentados nas tabelas 1 a 7.

4.1.1 Cronograma do projeto

O cronograma do projeto prevê 3 anos para a fase de implantação e 25 anos de vida útil após a colocação da planta em marcha. Foi estabelecido como ano 1 de projeto o primeiro ano de implantação, tornando-se o ano 4 o primeiro ano de operação. Consequentemente o encerramento das atividades se dará no final do ano 28.

4.1.2 Plano de Lavra

As quantidades extraídas e teores médios anuais são resultantes de um sequenciamento ótimo de lavra. Em um estudo de viabilidade de um projeto de extração e processamento mineral, uma das etapas mais importantes é o planejamento estratégico da lavra. Uma vez definida a escala de produção, o planejamento de lavra consiste na determinação da sequência que serão trabalhadas as frentes de lavra para abastecimento da planta.

A grande maioria das empresas de mineração utiliza atualmente algum modelo de otimização baseado em uma função objetiva que visa a maximização do VPL do projeto. Neste modelo o corpo mineral é dividido em blocos (discretização) e determinado o VPL de cada um, a partir das receitas obtidas com o produto originário daquele bloco, função do teor mineral e, deduzidos os custos operacionais correspondentes à extração, processamento, logística e demais custos atribuíveis a aquele bloco. São diversos os números de restrições que podem ser aplicadas na função, mas entre as mais relevantes estão: as especificações do minério que deverá ser abastecido para que a planta atinja a eficiência projetada; a relação estéril/ minério pertinente a cada um dos blocos, de acordo com a sua localização no subsolo; as condições geotécnicas e geofísicas do solo contíguo.

Atualmente este modelo tem recebido críticas por não considerar as incertezas já neste processo de otimização, sendo tratadas a posteriori, a partir dos dados já otimizados como neste exercício. Incertezas são provenientes da variabilidade dos teores minerais, preços de venda, recuperação metalúrgica, custos operacionais, investimentos, cronograma de obras e demais dados de entrada do modelo tratados

de forma determinística.

Em defesa dos provedores de softwares para otimização de planejamento de lavra, o principal argumento é a quantidade de variáveis e restrições, que podem ultrapassar uma centena, em casos, por exemplo, de corpos multi-metálicos e com presença relevante de impurezas ou outras propriedades que devem ser controladas no processo, o que torna o processamento computacional crescentemente complexo.

A escala de produção, medida pelo abastecimento de minério à planta (ROM, Run of Mine), é de 1,5 Mtpa (milhões de toneladas por ano) e a vida da mina é de 25 anos período no qual é consumida a totalidade das reservas. O volume de reservas é de 35,1 milhões de toneladas de minério.

Tabela 1 – Abastecimento da Planta

Ano de Projeto	AP Abastecimento da Planta (kt/ano)	TN% Teor Niquel no Minério (%)	Ano de Projeto	AP Abastecimento da Planta (kt/ano)	TN% Teor Niquel no Minério (%)
1	0,0	0%	15	1.500,0	2%
2	0,0	0%	16	1.500,0	2%
3	0,0	0%	17	1.500,0	1%
4	750,0	1,92%	18	1.500,0	1,28%
5	1.000,0	1,93%	19	1.500,0	1,31%
6	1.250,0	1,93%	20	1.500,0	1,32%
7	1.375,0	1,98%	21	1.500,0	1,28%
8	1.500,0	1,90%	22	1.500,0	1,25%
9	1.500,0	1,77%	23	1.500,0	1,21%
10	1.500,0	1,60%	24	1.500,0	1,24%
11	1.500,0	1,47%	25	1.500,0	1,38%
12	1.500,0	1,40%	26	1.500,0	1,47%
13	1.500,0	1,45%	27	1.500,0	1,35%
14	1.500,0	1,46%	28	700,0	1,08%

4.1.3 Produção

No cronograma estão previstos 3 anos para a construção e a colocação do empreendimento em marcha, que se dará no inicio do ano 4. A recuperação

metalúrgica de projeto para a planta, equivalente a 92% é atingida ao final do quinto ano de operação. Neste período o abastecimento da planta também é reduzido. A tabela 5.1.2 mostra as curvas de recuperação metalúrgica e abastecimento da planta no período de *ramp-up*.

Tabela 2 - Período de Ramp-up

Ano	AP% Abastecimento da Planta (%)	RM Recuperação Metalúrgica (%)
4	50,0%	85,0%
5	66,7%	87,0%
6	83,3%	88,5%
7	91,7%	90,0%
8	100,0%	91,0%
9 -> 28	100,0%	92,0%

Em função dos teores minerais médios e recuperações a produção média de níquel metálico é de 19 mil toneladas/ano.

Tabela 3 – Metal contido no Minério e Produzido

Ano de Projeto	NC = AP x TN% Níquel contido no Minério (kt/ano)	NM = NC x RM% Níquel Metálico (kt/ano)	Ano de Projeto	NC = AP x TN% Níquel contido no Minério (kt/ano)	NM = NC x RM% Níquel Metálico (kt/ano)
1	0,00	0,00	15	22,80	20,98
2	0,00	0,00	16	22,80	20,98
3	0,00	0,00	17	20,25	18,63
4	14,40	12,24	18	19,20	17,66
5	19,30	16,79	19	19,65	18,08
6	24,13	21,35	20	19,80	18,22
7	27,23	24,50	21	19,20	17,66
8	28,50	25,94	22	18,75	17,25
9	26,55	24,43	23	18,15	16,70
10	24,00	22,08	24	18,60	17,11
11	22,05	20,29	25	20,70	19,04
12	21,00	19,32	26	22,05	20,29
13	21,75	20,01	27	20,25	18,63
14	21,90	20,15	28	7,56	6,96

4.1.4 Custos Operacionais

Nos custos unitários, estão incluídos os custos de todas as atividades operacionais de extração, incluindo perfuração, desmonte e transporte de minério e estéril, beneficiamento, industrialização, manutenção de equipamentos móveis e fixos, logística de transporte do produto, comercialização, gerais e administrativos. Entende-se como custo operacional da atividade os custos de todos os recursos operacionais consumidos, entre eles mão de obra, energia, insumos, materiais de consumo e peças de desgaste. Estão apresentadas as médias anuais dos custos operacionais unitários, expressos em USD mil/t de metal produzido. As variações apresentadas ao longo da vida do empreendimento são, principalmente, função da profundidade da cava e da relação estéril/minério.

Tabela 4 - Custos Operacionais Unitários

Ano de Projeto	CO Custo operacional Unitário (USD mil/t)	Ano de Projeto	CO Custo operacional Unitário (USD mil/t)
1	0,00	15	9,06
2	0,00	16	9,09
3	0,00	17	10,05
4	14,43	18	10,50
5	9,23	19	10,09
6	8,02	20	10,09
7	7,26	21	10,44
8	7,36	22	10,78
9	7,90	23	11,03
10	8,64	24	10,66
11	9,35	25	9,74
12	9,83	26	9,26
13	9,51	27	9,22
14	9,23	28	11,83

4.1.5 Investimentos

O investimento inicial corresponde ao montante total de gastos em estudos de engenharia, pesquisas geológicas, geotécnicas e geofísicas, terrapienagem, infraestrutura, obras civis, na aquisição de máquinas e equipamentos para mina e para o processo, instalações industriais e outros. Soma-se a esse montante o aporte de capital de giro inicial, para financiar as operações, principalmente na formação dos estoques iniciais, vendas e despesas do período até que o empreendimento alcance a geração de caixa suficiente. Estão alocados gastos anuais de capital para manutenção e reposição de equipamentos fixos e móveis.

Tabela 5 - Investimentos Inicial e Correntes

Ano de Projeto	II Investimento Inicial (USD mil)	IC Investimentos Correntes (USD mil)	Ano de Projeto	IC Investimentos Correntes (USD mil)
1	80.000,0	0,0	15	550,0
2	420.000,0	0,0	16	382,0
3	500.000,0	0,0	17	382,0
4	0,0	0,0	18	3.500,0
5	0,0	26.800,0	19	3.200,0
6	0,0	13.000,0	20	578,0
7	0,0	1.200,0	21	730,0
8	0,0	9.200,0	22	580,0
9	0,0	7.100,0	23	2.400,0
10	0,0	200,0	24	1.500,0
11	0,0	6.100,0	25	1.800,0
12	0,0	200,0	26	750,0
13	0,0	8.100,0	27	920,0
14	0,0	9.200,0	28	870,0

4.1.6 Fechamento da Mina

Ao final da vida, observada a exaustão das reservas minerais econômicas, a empresa deverá proceder ao fechamento da mina, que se trata basicamente da reabilitação e reconstituição das áreas degradadas pelas atividades, conforme acordo firmado com as agências regulatórias ambientais para obtenção das licenças

de implantação e operação do empreendimento.

Os custos totais de fechamento foram estimados em USD 35,0 milhões. Este é o montante estimado de gastos no final da vida do empreendimento. No entanto o processo de degradação é gradual, inicialmente são construídas infraestruturas para pilhas de minério e estéril, material da decapagem, barragem de rejeitos, e outras intervenções que estarão sujeitas a um trabalho de reabilitação. Uma vez iniciada a produção, a degradação será proporcional ao aprofundamento da cava da mina que avança ao longo da vida do empreendimento no ritmo do consumo das reservas.

Dado o objetivo do trabalho, no qual, a opção estratégica de abandono poderá ser exercida a qualquer momento, foi estabelecida uma curva para estimativa do custo de fechamento em cada ano da vida do empreendimento, CFt.

Tabela 6 – Custo de Fechamento

Ano de Projeto	CFt% Curva Custo Fechamento (%)	CFt Custo potencial Fechamento (USD mil)	Ano de Projeto	CFt% Curva Custo Fechamento (%)	CFt Custo potencial Fechamento (USD mil)
1	0%	0,0	15	60%	30.217,4
2	10%	5.000,0	16	63%	31.739,1
3	15%	7.500,0	17	67%	33.260,9
4	25%	12.500,0	18	70%	34.782,6
5	30%	15.000,0	19	73%	36.304,3
6	33%	16.521,7	20	76%	37.826,1
7	36%	18.043,5	21	79%	39.347,8
8	39%	19.565,2	22	82%	40.869,6
9	42%	21.087,0	23	85%	42.391,3
10	45%	22.608,7	24	88%	43.913,0
11	48%	24.130,4	25	91%	45.434,8
12	51%	25.652,2	26	94%	46.956,5
13	54%	27.173,9	27	97%	48.478,3
14	57%	28.695,7	28	100%	50.000,0

4.1.7 Valor Residual de Equipamentos

É prevista ao final da vida do projeto a venda dos equipamentos mecânicos que ainda possuírem vida útil remanescente. Entre eles estão equipamentos de mina, da planta de processamento, de transporte, que tiveram sua manutenção e reposição regulares durante a vida do empreendimento.

O valor de aquisição dos equipamentos mecânicos é estimado em USD 365,0 milhões, incluído no investimento inicial. Tendo em vista a opção de abandono do projeto, que poderá ser exercida em qualquer ano da vida do empreendimento, foi estabelecida uma curva, função do tempo de uso dos equipamentos e do valor inicial de aquisição.

A estimativa do valor residual de venda para o último ano de operação é de 5% do valor inicial dos equipamentos, o equivalente a USD 17,5 milhões, já deduzidos custos envolvidos e tributos. A estimativa de valor para cada ano de projeto até o final da vida da mina está apresentas na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 – Valor Residual de Equipamentos

Ano de Projeto	VRt% Curva Valor Residual (%)	VRt Valor Residual (USD mil)	Ano de Projeto	VRt% Curva Valor Residual (%)	VRt Valor Residual (USD mil)
1	0%	0,0	15	24%	83.854,2
2	0%	0,0	16	23%	78.750,0
3	0%	0,0	17	21%	73.645,8
4	40%	140.000,0	18	20%	68.541,7
5	39%	134.895,8	19	18%	63.437,5
6	37%	129.791,7	20	17%	58.333,3
7	36%	124.687,5	21	15%	53.229,2
8	34%	119.583,3	22	14%	48.125,0
9	33%	114.479,2	23	12%	43.020,8
10	31%	109.375,0	24	11%	37.916,7
11	30%	104.270,8	25	9%	32.812,5
12	28%	99.166,7	26	8%	27.708,3
13	27%	94.062,5	27	6%	22.604,2
14	25%	88.958,3	28	5%	17.500,0

4.1.8 Outras premissas

A taxa de juros livre de risco é de 6,0 % ao ano.

É pressuposta a não formação de estoques de produto além daqueles demandados pelas atividades logísticas, ou seja, a totalidade da produção é vendida.

4.2 Metodologia

O objetivo do Caso é realizar uma estimativa do valor opção de abandono do projeto, como um exemplo do valor adicionado pela flexibilidade gerencial que pode ser capturado pelo método das Opções Reais. Para isso, a metodologia consiste basicamente na comparação dos VPLs do Projeto estimados pelo método tradicional FCD e pelo método das Opções Reais.

Para o exercício foi desenvolvido um modelo de projeções de fluxos de caixa em planilha eletrônica capaz de estimar o VPL sem a opção de abandono conforme o método FCD, e um módulo adicional capaz de realizar o exercício da opção de abandono de acordo com as regras estabelecidas no modelo decisório, e desta forma estimar o VPL do projeto com a opção de abandono, assim como o valor presente adicionado pela opção.

Como a opção de abandono poderá ser exercida a qualquer momento, o exercício implicará no fechamento da mina antes do final da vida esperada, havendo com isso a realização dos custos de fechamento da mina e das receitas de vendas dos equipamentos mecânicos que ainda possuem vida útil remanescente. Por este motivo, tendo também em vista que estes custos e receitas referidos apresentam variações ao longo do tempo, são apresentados em separado dos fluxos de caixa gerados pelas atividades de implantação e operação do projeto.

A incerteza foi introduzida na análise por única variável estocástica, o preço de venda do níquel metálico que é a mais sensível, a que causa o maior impacto no VPL do projeto. O modelo é capaz de executar as simulações de preços pelo método de Monte Carlo, usados para as estimativas dos VPLs com e sem a opção de abandono.

Conforme discutido no Capítulo 2, no cálculo do VPL com base no Método das Opções Reais, o fluxo de caixa é descontado pela taxa livre de risco.

4.2.1 Projeções de Preços do Níquel Metálico

Dada a sua relevância na economia, o comportamento do preço das commodities é assunto de grande interesse por parte dos vários agentes econômicos envolvidos. No setor de mineração, a flutuação do preço do metal é fundamental no planejamento estratégico e na análise e avaliação de projetos de investimento, dado que é geralmente a variável mais sensível, a que causa o maior impacto no seu desempenho econômico.

O assunto tem sido bastante explorado na literatura, visando o desenvolvimento de modelos que reflitam com a maior acurácia os movimentos de preços, que são aqueles que conseguem replicar da melhor forma os vários fatores que afetam a oferta e a demanda de commodities. Os principais trabalhos apresentados recentemente sobre modelos estocásticos de projeção de preços foram os de Gibson and Schwartz (1990), Schwartz (1997), Pindyck (1999), Schwartz and Smith (2000), Cortazar and Schwartz (2003), Beck (2001), Saphores, Khalaf, and Pelletier (2002).

O modelo de projeção adotado para este exemplo é baseado no processo de Ornstein–Uhlenbeck (SCHWARTZ, 1997). Bastante utilizado na modelagem de preços de commodities o processo de reversão à média, é um modelo estruturado de séries temporais que visa refletir as incertezas de curto prazo, revertendo no longo prazo a um preço de equilíbrio. Dado que o preço das commodities é determinado pela oferta e demanda, a dinâmica representada pelo modelo é que no curto prazo perturbações de qualquer ordem, originadas por interrupções de produção, catástrofes naturais ou ações especulativas, são refletidas de forma transitória no preço do mercado spot. No entanto, no longo prazo esses efeitos são compensados pela lei da oferta e demanda e tende a reverter para um preço médio de equilíbrio, baseado em fundamentos econômicos.

Em estudo comparativo de modelos utilizados para projeção de preços de commodities, (BERNARD et all, 2006) analisaram modelos com três alternativas econométricas: GARCH (*random-walk* com efeito de heterocedasticidade); difusão com *jumps* baseado em Poisson; e reversão à média. Com testes de projeção feitos com preço do alumínio, utilizando a série histórica, concluíram que nas projeções de preço na frequência diária ou semanal o modelo de reversão à média estocástica

superou os demais em todo o horizonte de projeção e para a frequência mensal teve desempenho bastante razoável.

O processo de Ornstein–Uhlenbeck é representado pela seguinte equação diferencial estocástica:

$$ds = \lambda (\mu - S) dt + \sigma dWt$$

Onde:

- dWt é um movimento browniano tal que $dWt \sim N(0, \sqrt{dt})$;
- λ é a medida de reversão à média;
- μ é a media de longo prazo para a qual o processo tende a reverter;
- σ é o desvio padrão, a medida de volatilidade do processo.

O método mais utilizado para a realização da calibragem do processo Ornstein-Uhlenbeck é o de mínimos quadrados, sendo também encontrado na literatura referências de utilização do método da probabilidade máxima (VAN DEN BERG, 2007).

Dado que a calibragem dos dados vai além do escopo deste exercício, os parâmetros necessários para a aplicação do modelo de Ornstein-Uhlenbeck foram adotados.

A estimativa de preços para esse exercício foi feita em MS Excel, utilizando-se a função inversa da distribuição cumulativa normal como simulador do movimento browniano.

4.2.2 Projeções de Resultados e Fluxo de Caixa

O Lucro Líquido (LL) e o Fluxo de Caixa Livre (FC) para cada ano de vida do empreendimento, antes dos custos de fechamento e do valor residual de resgate dos equipamentos são calculados da seguinte maneira:

Receita Líquida de Vendas = Preço de venda (PV) x Níquel Metálico vendido (NM)

(-) Custo operacional (CO)

(-) Depreciação/ Amortização (DA)

(=) Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)

(-) Imposto de Renda/ Contribuição Social sobre Lucro Líquido (IR)

(=) Lucro Líquido (LL)

(+) Depreciação/ Amortização (DA)

(-) Investimentos de Capital (IT = II + IC)

(=) Fluxo de Caixa (FC)

Podendo ser expresso na forma simplificada pela seguinte equação:

FC = PV x NM – CO - IR – IT

Na estimativa do VPL no método de Opções Reais a opção de abandono pode ser exercitada a qualquer momento, e com ela serão realizados o custo de fechamento (CF) e a receita do valor residual de resgate dos equipamentos (VR). No método do FCD, o momento esperado da ocorrência de ambos é o último ano da vida da mina.

4.2.3 Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL dos fluxos de caixa é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=1}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + VR_T^{-rf\,T} - CF_T^{-rf\,T}$$

O equivalente a:

$$VPL = \sum_{t=1}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,xt} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,xT}$$

Onde:

FC_t = Fluxo de caixa do ano t da vida da mina;

rf = taxa de juros livre de risco;

CF_T = Custo de fechamento da mina, que ocorre no último ano de operação;

VR_T = Valor Residual de resgate dos equipamentos, que ocorre no último ano de operação;

Observamos que o regime de capitalização contínua de juros na fórmula de cálculo do VPL foi adotado com o objetivo de compatibilizar o desconto dos fluxos de caixa com o regime adotado no processo de simulação dos preços de venda.

O VPL esperado do projeto é a média aritmética dos VPLs de todas as trajetórias. Seja NT o número de trajetórias, o VPL esperado é:

$$E(VPL) = \sum_{traj=1}^{NT} VPL \; / \; \text{NT}$$

A mesma fórmula é aplicada para o cálculo do VPL nas duas metodologias, FCD e TOR, dado que apenas um parâmetro poderá ser diferente nas trajetórias geradas que é o número de períodos de vida.

4.2.4 Valor da Opção de Abandono

Conforme a conceituação e terminologia da Teoria das Opções para as opções financeiras, o modelo adequado para replicar a opção de abandono do projeto é o das opções americanas, dado que permite o exercício em qualquer instante.

A decisão de abandono é tomada sempre que o VPL remanescente no período t do projeto for negativo. A principal característica do método das opções reais, e que vem a cobrir uma lacuna atribuída ao método FCD, é a reconhecimento da flexibilidade gerencial, o que significa, antes de tudo, que o modelo reconhece hoje, o valor da possibilidade que o gestor terá de tomar decisões futuras com base em informações futuras. Desta forma, quando no período (t-1) a gestão se deparar com um cenário de preços que indique um VPL esperado negativo para o período remanescente da vida do projeto (T-t), a opção de abandono poderá ser exercida no período t. Com o exercício da opção o gestor estará interrompendo a trajetória de

destruição de valor que o projeto estará prestes a ingressar. Sendo assim, o valor da opção de abandono é equivalente à redução de valor econômico (VPL) que poderá ser evitada com o exercício da opção de abandono.

$$VPL_{REM} = \sum_{t=1}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

O modelo desenvolvido para o exemplo realiza a cada período a estimativa do VPL remanescente em a cada trajetória simulada.

Como estabelecido nas premissas, o período de implantação do projeto é de três anos, sendo que o desembolso é realizado ao longo desse período. A opção de abandono poderá ser exercida logo partir do final do primeiro ano, o que significa que se isto ocorrer, o desembolso realizado no ano 1 será perdido.

A regra de decisão determina que a opção deve ser exercitada no primeiro VPL remanescente negativo que se apresentar na trajetória ao longo da vida do projeto, indicando o fechamento da mina e a realização do valor residual dos equipamentos.

Após o exercício da opção de abandono, com a interrupção das trajetórias enquadradas na regra de decisão, o VPL do projeto usando a Teoria das Opções Reais, considerando os custos de fechamento e valor de resgate para o ano t de encerramento de cada trajetória. O VPL esperado é a média aritmética dos VPLs das trajetórias.

$$VPL_{TOR} = \sum_{t=1}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

$$E(VPL_{TOR}) = \sum_{traj=1}^{NT} VPL_{TOR} \,/\, \mathrm{NT}$$

O valor atual da opção de abandono estimado numericamente é a diferença entre os valores esperados dos VPLs calculados pelos dois métodos:

$$\textit{Valor da Opção de Abandono} = E(VPL_{TOR}) - E(VPL_{FCD})$$

Na tipologia das opções financeiras, a decisão de abandono é equivalente ao

exercício de uma opção *put* modelo americano. Na regra de decisão para esse tipo de opção, o momento ótimo do exercício é aquele que cujo valor obtido é superior ao que seria em um momento futuro. O gestor terá o direito de exercer a opção em qualquer período t do projeto, cujo VPL remanescente for menor que zero.
Colocando o problema na terminologia das opções financeiras, o ativo objeto (St) é o valor presente dos fluxos de caixa remanescentes (T-t) do projeto.

$$S_t = \sum_{t=t}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t}$$

O preço do exercício (X) é o valor líquido entre os custos de fechamento e valor de resgate e para o ano t.

$$X = (CF_t - VR_t)^{-rf\,t}$$

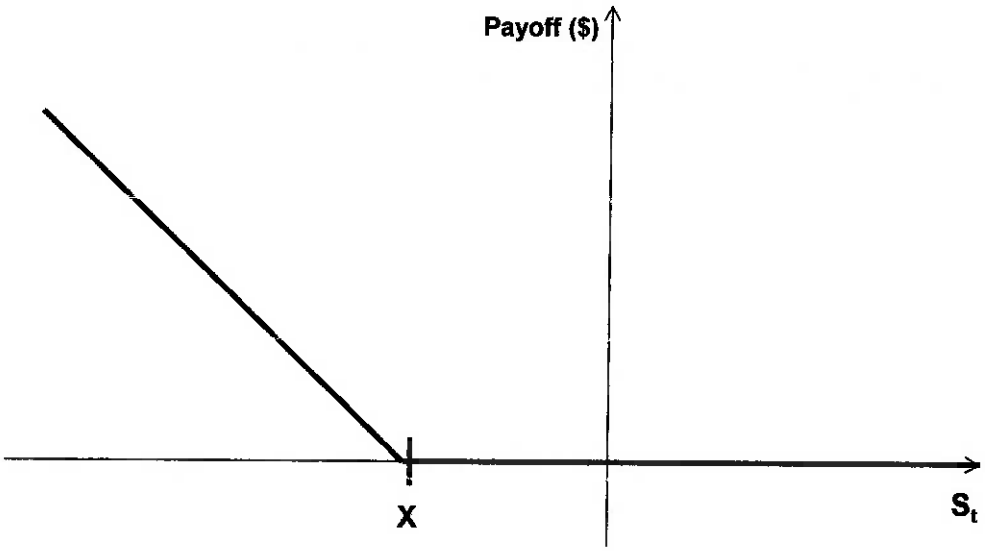
e o retorno da opção ou *payoff* para cada trajetória:

$$Payoff_{Traj} = \max(X - St\,;0)$$

Nota-se que o preço do exercício, de acordo com as premissas, é um número negativo, mas em valor absoluto equivalente ao valor líquido que será obtido com o resgate do valor residual dos equipamentos, deduzidos os custos de fechamento da mina. E o *payoff* esperado é a média aritmética dos *payoffs* de todas as trajetórias:

$$E(Payoff) = \sum_{Traj=1}^{NT} payoff_t / NT$$

Graficamente, o retorno da opção pode ser representado da seguinte maneira:


Payoff ($)
X
S_t

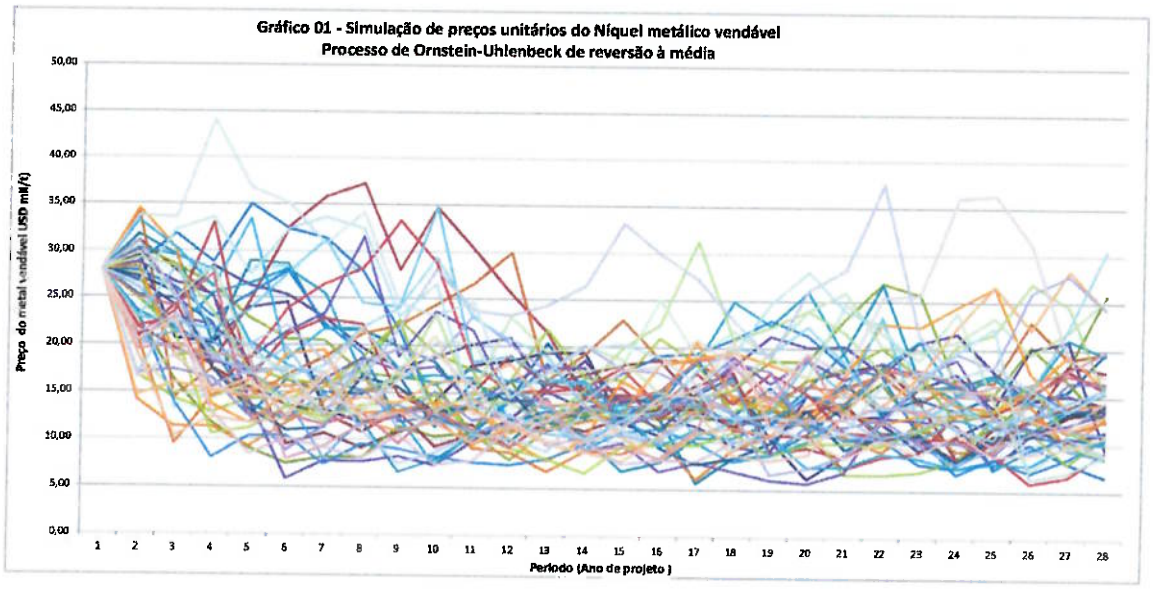
CAPÍTULO 5: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO CASO

5.1 Projeções de Preços do Níquel Metálico

Dado que a calibragem dos dados vai além do escopo deste exercício, os parâmetros necessários para a aplicação do modelo de Ornstein-Uhlenbeck foram adotados e são os seguintes:

- Preço atual de Venda Níquel Metálico = USD 28,0 mil/t
- Média de longo prazo para a qual o processo tende a reverter μ = USD 14,0 mil/t
- Velocidade de reversão à média $\lambda = 0,2$
- Desvio padrão, a medida de volatilidade do processo $\sigma = 20\%$

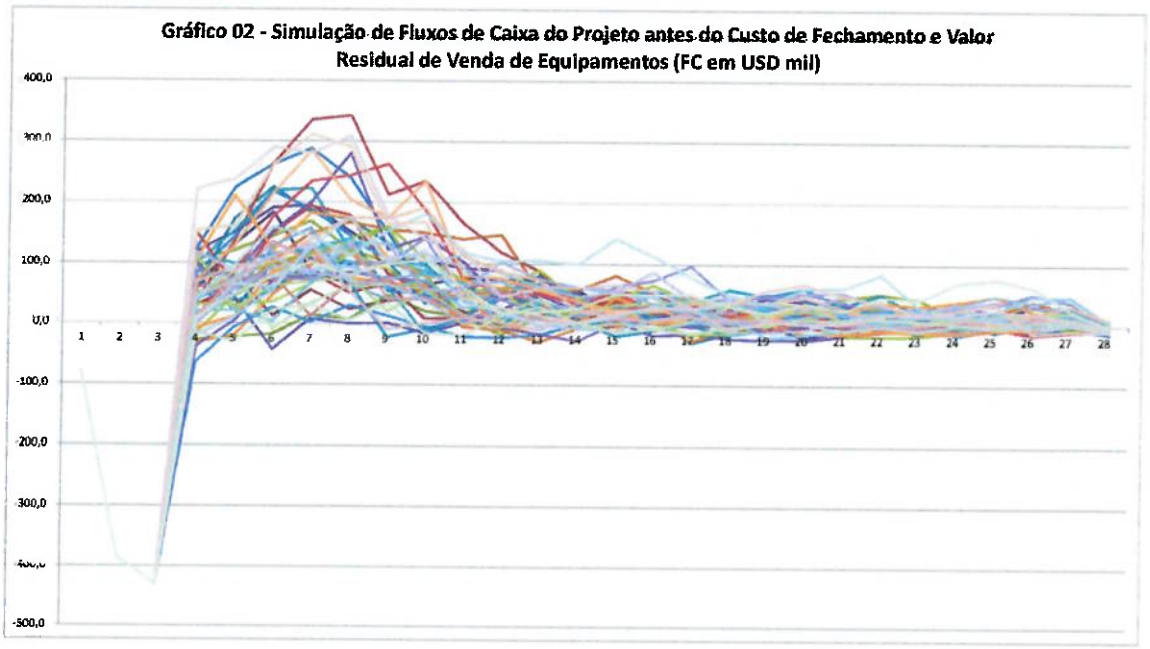
Foram simuladas 50 trajetórias de preços e os valores médios anuais estão apresentados no Gráfico 01 abaixo (Apêndice Tabela 8):



5.2 Projeções de Resultados e Fluxo de Caixa

Com base nas simulações estocásticas de preços de venda apresentadas no item 5.1 e nas premissas e parâmetros de projeção (item 4.1), as trajetórias 1 a 50 de

Fluxos de Caixa Livre anuais para toda a vida do empreendimento estão apresentadas no Gráfico 02 a seguir. Os cálculos detalhados estão nas Tabelas 9 e 10 do Apêndice.



5.3 Valor Presente Líquido (VPL) do projeto

Os VPLs dos fluxos de caixa para cada uma das 50 trajetórias geradas nas simulações de preços de venda estão apresentados no Gráfico 03 e na Tabela 12. São os valores sem a flexibilidade gerencial da opção de abandono e foram calculados de acordo com a seguinte fórmula:

$$VPL_{FCD} = \sum_{t=1}^{28} FC_t \, x \, e^{-rf \, x \, t} + (VR_t - CF_t)^{-rf \, x \, 28}$$

Onde:

FC_t = Fluxo de caixa do ano t da vida da mina

Custo de fechamento da mina no ano 28 de projeto, CF = USD 50,0 milhões.

Valor Residual de resgate dos equipamentos mecânicos no ano 28 de projeto,

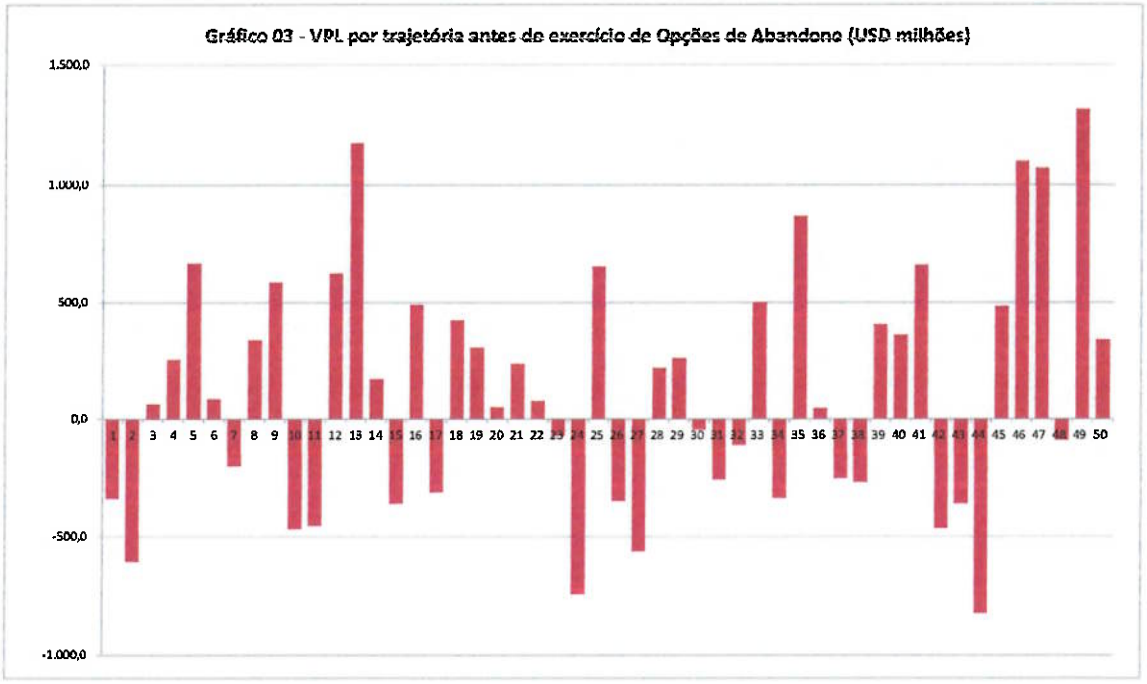
VR = USD 17,5 milhões

Taxa de juros livre de risco, rf = 6% ao ano

Observamos que o regime de capitalização contínua de juros na fórmula de cálculo do VPL foi adotado com o objetivo de compatibilizar os regimes adotados no desconto dos fluxos de caixa e no processo de simulação dos preços de venda.

O VPL esperado do projeto é o VPL médio de todas as trajetórias:

$$E(VPL_{FCD}) = \sum_{traj=1}^{50} VPL_{FCD} \,/\, 50$$



O VPL do projeto sem a flexibilidade gerencial da opção de abandono é positivo,

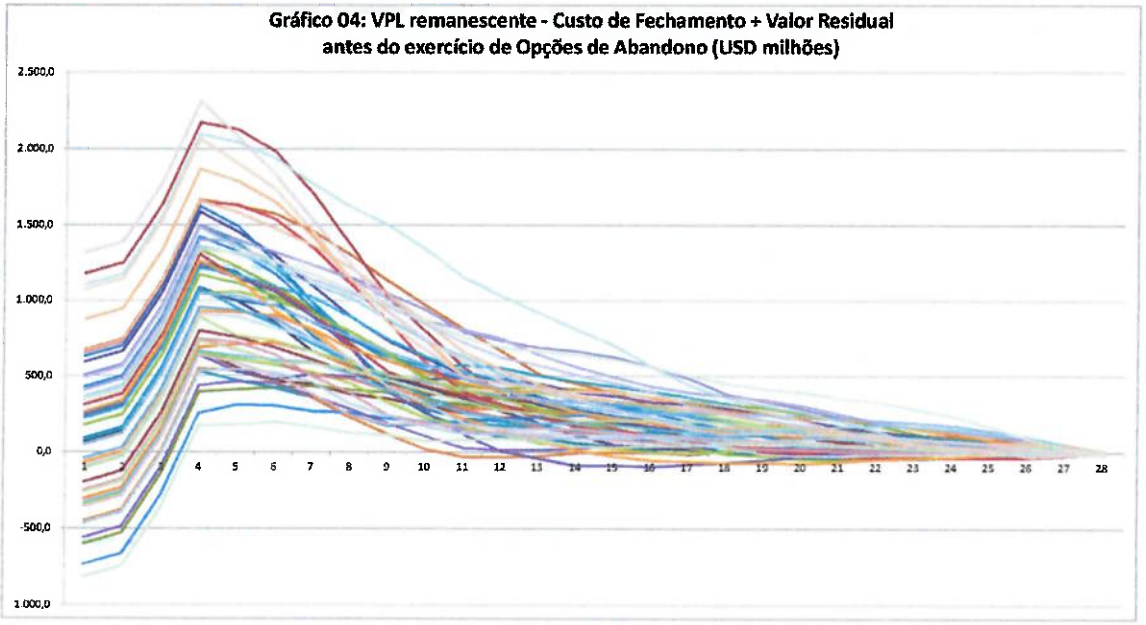
$E(VPL_{FCD})$ = 127,5 milhões.

5.4 Valor da Opção de Abandono

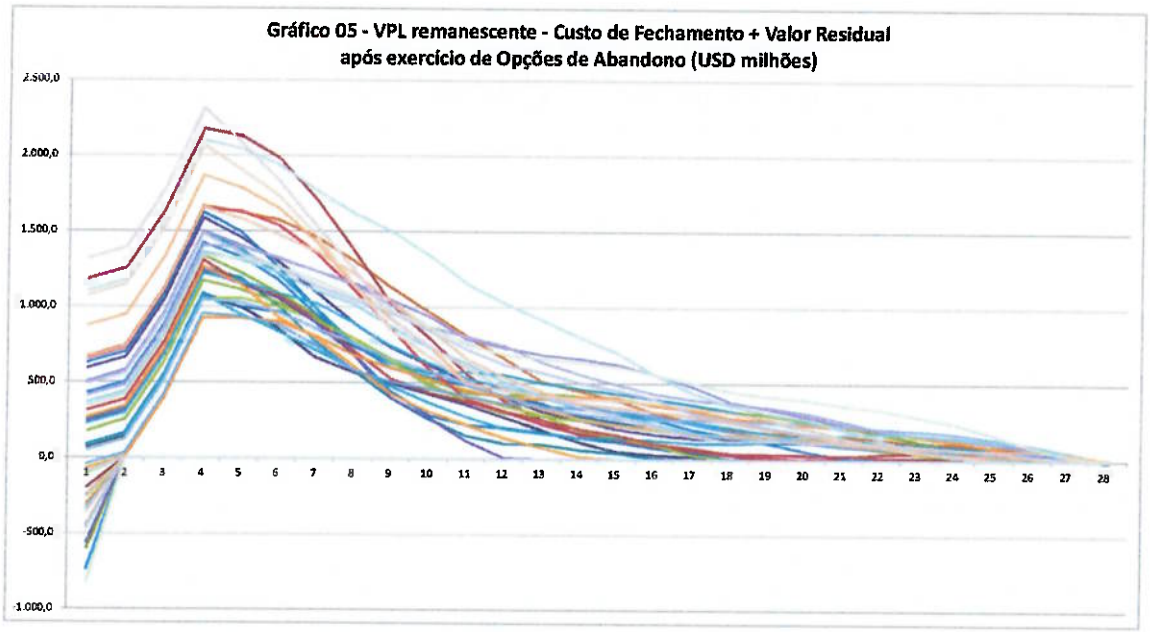
A decisão de abandono é tomada sempre que o VPL remanescente dos fluxos de caixa no ano t do projeto for inferior à diferença entre o Valor Residual de resgate dos equipamentos (VR) deduzido o Custo de Fechamento (CF) da mina, trazidos ao valor presente.

$$VPL_{REM} = \sum_{t=t}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

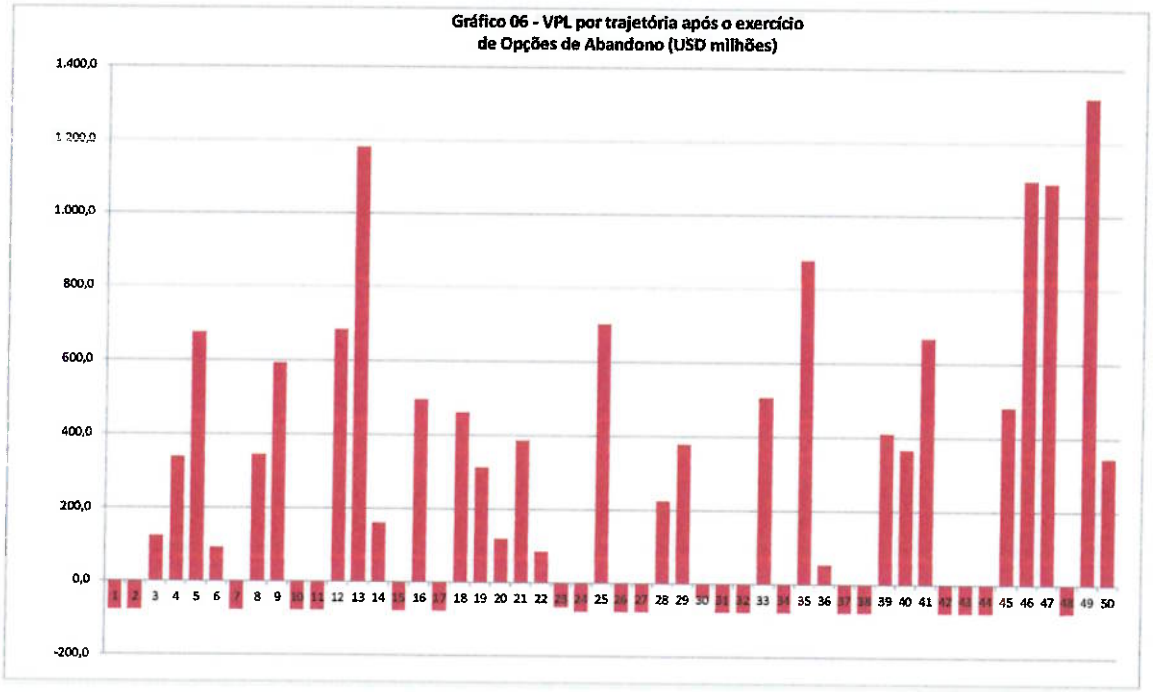
O Gráfico 04 (Apêndice Tabela 13) mostra o VPL remanescente que é a informação para tomada de decisão do exercício da opção de abandono.



A regra de decisão é o exercício da opção no primeiro VPL remanescente negativo que se apresentar na trajetória ao longo da vida do projeto, indicando o fechamento da mina e a realização do valor residual dos equipamentos. No gráfico 05 estão apresentados os VPLs remanescentes por trajetória após o exercício da opção de abandono.



No Gráfico 06 (Apêndice Tabela 14) mostra o VPL do projeto para cada trajetória após o exercício da opção de abandono.



O valor esperado do VPL após o exercício da opção é de USD 259,7 milhões, representado da mesma forma pela média aritmética dos VPLs das trajetórias.

$$E(VPL_{TOR}) = \sum_{Traj=1}^{NT} VPL_{TOR} \; / \; NT$$

A solução no exemplo é numérica e o valor da opção de abandono equivale à diferença entre os VPLs obtidos pelos dois métodos.

Valor da Opção de Abandono = $E(VPL_{TOR}) - E(VPL_{FCD})$

= USD 259,7 milhões – USD 127,5 milhões

Valor da Opção de Abandono = USD 132,2 milhões

Conforme a terminologia das opções financeiras, o ativo objeto (St) é o valor presente dos fluxos de caixa remanescentes (T-t) do projeto.

$$S_t = \sum_{t=t}^{T} FC_t \; x \, e^{-rf\,t}$$

O preço do exercício (X) é o valor líquido entre os custos de fechamento e valor de resgate e para o ano t.

$$X = (CF_t - VR_t)^{-rf\,t}$$

e o retorno da opção ou *payoff* para cada trajetória:

$$Payoff_{Traj} = \max(X - St\,;0)$$

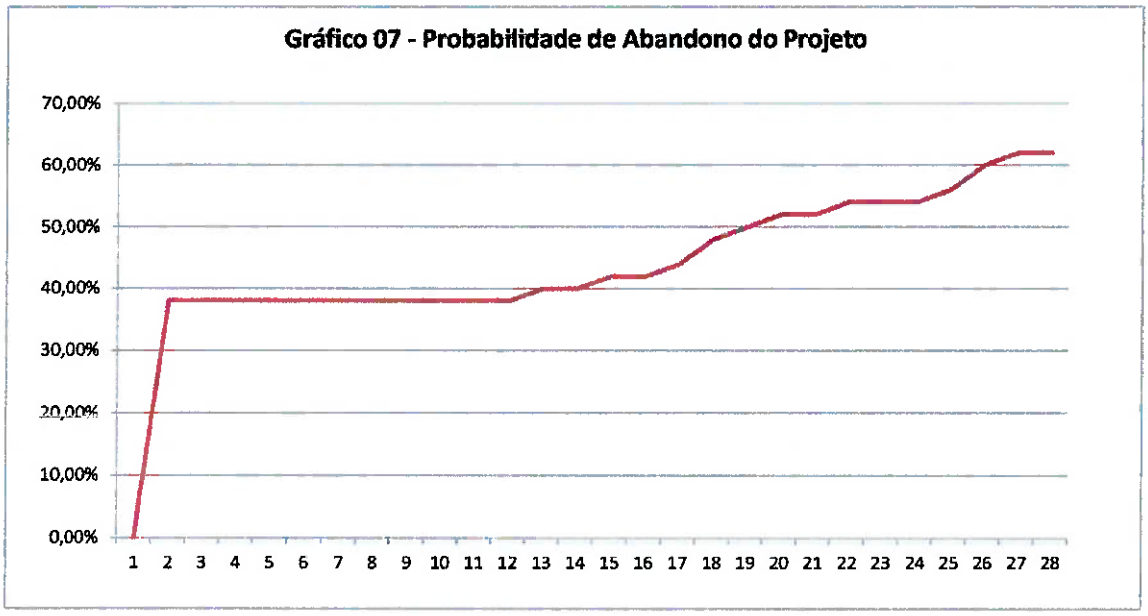
Nota-se que o preço do exercício, de acordo com as premissas, é um número negativo, mas em valor absoluto equivalente ao valor líquido que será obtido com o resgate do valor residual dos equipamentos, deduzidos os custos de fechamento da mina. E o *payoff* esperado é a média aritmética dos *payoffs* de todas as trajetórias:

$$E(Payoff) = \sum_{Traj=1}^{NT} payoff_t \; / \; NT$$

O valor de USD 132,2 milhões tornou o projeto bastante mais atraente, frente ao

investimento de USD 1,0 bilhão, o que pode fazer a diferença no processo decisório. Na prática empresarial, no entanto, principalmente considerando o porte do projeto, é bastante provável que a possibilidade de abandono do projeto já estaria sendo considerada, no entanto o mérito do método é trazer a análise desta opção que terá a gestão do projeto frente a um cenário desfavorável, para o contexto objetivo, possibilitando a sua valoração.

Outra contribuição bastante significativa está na melhoria da visão do risco envolvido na decisão. O Gráfico 07, mostra a curva de probabilidades de abandono do projeto ao longo da vida da mina com base no critério de decisão estabelecido. A probabilidade de abandono é a relação entre o número de trajetórias abandonadas após o exercício da opção e o número total de trajetórias simuladas.



Observamos é alta a probabilidade de abandono logo no segundo ano de projeto, 38% equivalente a 19 em 50 trajetórias. Isto significa que no ano 2, caso as condições econômicas estejam desfavoráveis, refletidas no preço de venda, o gestor tem a opção de abandonar o projeto, tendo realizado o desembolso dos gastos de capital do no primeiro ano, de USD 80,0 milhões.

Esta é uma análise bastante interessante, pois se de um lado a probabilidade de abandono é de 38%, com a realização da perda do investimento daquele ano, dado

que será considerado um gasto afundado (*sunk cost*), por outro, os resultados mostram uma probabilidade de 62% do projeto continuar adiante, gerando caixa até o ano 12, quando a probabilidade de abandono volta a crescer. Mais ainda, o método mostra, ao mesmo tempo, que a probabilidade é de 62% do VPL no ano 2 passar a ser USD 259,7 milhões.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES

O aumento da competitividade e da volatilidade no mundo dos negócios, hoje, tem reflexo imediato no nível de exigência sobre a gestão das empresas. O aumento das incertezas ao mesmo tempo em que torna maiores os riscos, apresenta em contrapartida oportunidades, e isso obriga as empresas a manterem um portfolio crescente de alternativas estratégicas, para que de forma ágil possam reverter cursos de ação em cenários desfavoráveis ou usufruir de oportunidades de ganho, garantindo a sobrevivência do negócio e visando a criação de valor para os investidores.

A TOR não deve ser vista como substituta e sim como um complemento ao método do FCD, uma vez que o valor das opções deve ser somado ao VPL tradicional estimado sob o pressuposto da passividade gerencial, ou seja, é um valor adicional relativo à flexibilidade gerencial até então não reconhecido na avaliação econômica. Mesmo que a análise de uma alternativa estratégica ainda carregue um grau de acurácia considerado insuficiente, não é motivo para que seja descartada. Pelo contrário, isto deve ser encarado como um estímulo à gerência para um aprofundamento na análise, gerando um *tradeoff* entre a relevância da oportunidade estratégica e o esforço que será dispendido para a melhoria da qualidade das informações.

Desta forma, o maior mérito da TOR está na capacidade de utilizar o ferramental da Teoria das Opções para valoração destas opções estratégicas envolvendo ativos reais. O método vem contribuindo para uma objetivização do processo decisório, ao colocar medida de valor em alternativas estratégicas, que vêm crescentemente padecendo com a subjetividade das análises no contexto qualitativo.

Os críticos apontam alguns motivos pelos quais a TOR que surgiu por volta de vinte anos atrás como a mais proeminente técnica com potencial para substituir os métodos conhecidos de análise de investimentos, e que contou nesse período com centenas de artigos de autores respeitados, ainda não ocupa o espaço que se esperava na avaliação de ativos reais.

As críticas são na sua maioria relacionadas à aplicabilidade e a dificuldades relacionadas à complexidade da teoria das opções (THURNER, 2003). Mais detalhadamente, entre elas estão as de que os modelos teóricos, abstratos, não conseguem reproduzir com fidelidade os modelos complexos de negócios empresariais, do mercado e das opções estratégicas; ou que sua metodologia é pouco intuitiva e exige elevado conhecimento matemático, superando algumas

vezes a capacidade de compreensão dos executivos o que estaria gerando uma falta de confiança no método. Outra é que estaria com a sua reputação desgastada, após a quebra das empresas de internet em 2001, onde a metodologia foi amplamente utilizada para na avaliação econômica dessas empresas que apresentavam crescimento explosivo e não possuíam ativos tangíveis relevantes.

A despeito da procedência de algumas das críticas, contrárias ao método, estas são menos contundentes que as apontadas ao método tradicional de fluxo de caixa descontado. É fato, como vimos no Capítulo 2, que durante neste período outras técnicas mais acessíveis como as Análises de Sensibilidade e de Cenários, a Análise de Risco utilizando a Simulação de Monte Carlo tenham coberto algumas importantes lacunas e contribuído para a sobrevida do método convencional. De maior contribuição na análise de investimentos foi o método da Árvore de Decisão que resolve o problema da inserção de incertezas, todavia apresentando limitações na modelagem de casos reais, com aumento crescente da complexidade na medida em que cresce o número de opções de flexibilidade.

É consenso que a metodologia da TOR ainda demanda aperfeiçoamentos, principalmente no sentido de tornar mais intuitiva a interface entre a estratégia e o modelo de avaliação. Os avanços deverão surgir, por parte de acadêmicos, analistas e profissionais das empresas, impulsionados naturalmente pela competitividade no mundo dos negócios. Por outro lado, deve haver um entendimento, por parte dos usuários do método, que como outra ferramenta possui suas limitações, e deve ser aplicada no contexto correto, com pressupostos e interpretação adequados para que apresente resultados positivos.

Seria ingênuo pensar que na prática empresarial, em um projeto do porte do que foi analisado nos Capítulos 4 e 5, com investimento inicial na casa do bilhão de dólares, que a gerência não teria identificado e avaliado uma série de riscos e criado um plano de contingências e oportunidades com pelo menos algumas opções estratégicas, incluídas aí possibilidades de expansão, parada temporária, mudança de tecnologia e abandono. Igualmente seria ingênuo considerar que ao apresentar uma opção que mostre um valor adicional ao VPL do projeto, mesmo que seja relevante como foi o valor da opção de abandono apresentada no exemplo, superior a cem milhões de dólares, seja o fator determinante para a aprovação ou rejeição do projeto.

O importante é que, ainda que existam limitações, o método é desenvolvido sobre

uma teoria sólida, com um poder matemático bastante superior às técnicas alternativas de orçamento de capital, ao possibilitar a execução de processos estocásticos nas projeções financeiras de variáveis críticas, gerando uma significativa contribuição ao conjunto de informações para o processo de análise e tomada de decisão de investimentos. O esforço gerado no desenvolvimento do método será recompensado, uma vez que as opções reais representam oportunidades de melhoria da eficiência na alocação dos recursos econômicos.

CAPÍTULO 7: DESENVOLVIMENTO FUTURO:

À medida que o ambiente de negócios se torna mais volátil e competitivo, aumentam as implicações de se tomar decisões erradas no negócio, e com isso a demanda por disciplinas analíticas mais sofisticadas. Aliada à análise estratégica, a Teoria das Opções Reais deverá encontrar espaço para o seu maior desenvolvimento.
Dada a mútua complementaridade, o aumento das aplicações e da eficácia da utilização das opções reais na empresa e no projeto estará vinculado ao desenvolvimento da análise estratégica. Do ponto de vista da estratégia, algumas ações futuras que contribuirão para o desenvolvimento da TOR são:

- Aprofundar o conhecimento e formalizar a participação de outras disciplinas como estudos de estruturas da indústria e do mercado, e das estratégias competitivas, não só através de maior conhecimento dos fundamentos, mas também da utilização de ferramentas como a Teoria dos Jogos.

- Observar que opções estratégicas relacionadas ao investimento e operação do ativo real além de interagir entre si podem interagir também com as opções de flexibilidade financeira, voltadas para o *hedging* e o financiamento, lembrando que a linguagem das opções já é conhecida pelo mercado financeiro.

- Dado o âmbito multidisciplinar das estratégias o aumento da eficiência do processo inclui a maior participação e a melhoria na troca de informações entre a disciplina de análise econômica em um projeto, ou área de finanças corporativas e as outras áreas/ disciplinas envolvidas nas análises de risco e valoração das opções estratégicas identificadas.

Além da necessidade da evolução da análise e gestão estratégica, há também outros aspectos relevantes que deverão ser abordados e tratados, relacionados à modelagem, metodologia e aplicação da TOR, incluindo a capacidade computacional para se lidar com um número maior de variáveis estocásticas.
Exemplo disso em um projeto de mineração é a geração de um plano ótimo de lavra, onde as maiores incertezas já estão nas próprias informações sobre o minério a ser extraído, que se encontra no subsolo. As quantidades e teores minerais esperados são determinados por um processo de amostragem e interpolação, o que pode gerar variações significativas no abastecimento da planta e nas receitas do projeto.

Somadas a essa estão incertezas no preço do metal produzido, no consumo e no preço de recursos operacionais e nos investimentos inicial e correntes. A introdução das incertezas relevantes presentes nessas variáveis visando um planejamento ótimo de lavra e a valoração do projeto torna o problema intratável do ponto de vista computacional e este é um dos principais desafios a serem superados hoje no setor.

Em resumo, a área de finanças, ou a encarregada de produzir as informações para tomada de decisões de investimento em novos projetos deve envidar esforços para aproveitar a contribuição da TOR na valoração das opções estratégicas e melhorar a criatividade nas análises geradas e a qualidade do processo decisório, e desta forma produzir informações que resultem na melhor alocação dos recursos dos investidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMRAN, M. & KULATILAKA, N. "Real Options: managing strategic investment in an uncertain world". Harvard Business School Press, Boston, 1999.

ASPRAY, W. "John von Neumann e as origens da computação moderna". Gedisa Editorial, 1992.

BREALEY, R.; MYERS S. C. "Principles of Corporate Finance. McGraw-Hill, New York, NY. 6th edition, 2000.

BRENNAN, M.; SCHWARTZ E. "A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments," Midland Corporate Finance Journal 3, 1, Spring, 1985.

BRENNAN, M.; SCHWARTZ E. "Evaluating Natural Resource Investments," Journal of Business 58, 2, April, 1985.

COPELAND, T & ANTIKAROV, V. Opções Reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

CORTAZAR, G.; ACOSTA, P.; OSORIO, M. "Monte Carlo evaluation of natural resource investments". Working Paper, 1999.

COX, J., S. ROSS; RUBINSTEIN, M. "Option Pricing: A Simplified Approach," Journal of Financial Economics 7, 3 (September), 1979.

DAMODARAN, A. "The Dark Side of Valuation: Valuing Old Tech, New Tech, and New Economy Companies, New York: Prentice Hall, 2nd Edition, 2009.

DIXIT, A.K.; PINDYCK R.S. "Investment under Uncertainty". Princeton University Press, Princeton, N.J., 1994.

DIXIT, A.K.; PINDYCK R.S. "The options approach to capital investment". Harvard business review. May-June, 1994.

DIXIT, A.K. "Investment and Hysteresis". Journal of Economic Perspectives, vol.6, no 1, Winter 1992

GESKE, R.;JOHNSON H. "The American Put Option Valued Analytically," Journal of Finance 39, December, 1984.

BROADIE, M.;GLASSERMAN, P. "Pricing American-Style Securities Using Simulation". Journal of Economic Dynamics and Control, vol.21, no 8-9, 1997.

HULL, J. C. "Fundamentos dos mercados futuros e de opções". Bolsa de Mercadorias e Futuros, São Paulo, 2005.

INGERSOLL, J.; ROSS, S. ``Waiting to Invest: Investment and Uncertainty." Journal of Business 65, 1992.

KESTER, W.C. "Today's Options for Tomorrow's Growth". Harvard Business Review, no 62, March-April, 1984.

KEULENEER, LUC; VERHOOG, WILLEM. "Recent Trends in Valuation, From Strategy to Value". John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, 2003.

KULATILAKA N., TRIGEORGIS, L. ``The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited." International Journal of Finance 6, no. 2, 1994.

LONGSTAFF, F. A.; SCHWARTZ, E. S. "Valuing American options by simulation: a simple least-squares approach". The Review of Financial Studies, v.14, n.1, 2001.

MAJD, S., PINDYCK, R. S. "Time to Build, Option Value, and Investment Decisions" Journal of Financial Economics, v. 18, March, 1987.

MCDONALD, R.; SIEGEL, D. ``Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down." International Economic Review 26, no. 2, 1985.

MINARDI, A. M. A. F. "Teoria de Opções aplicada a projetos de investimento." RAE – Revista de Administração de Empresas, v.40, n.2, Abr/Jun, 2000.

MYERS, S. C.; MAJD, S. "Abandonment Value and Project Life" Advances in Futures and Options Research 4, 1990.

ORNSTEIN, L. S.; UHLENBECK, G. E. "On the Theory of the Brownian Motion". Physical Review 36, no. 5, 1930.

ROGERS, JAMIE. "Strategy, Value and Risk – The Real Options Approach". PALGRAVE, N.Y., 2002.

SABOUR, S. A. A.; POULIN, R. Valuing real capital investments using the least-squares Monte Carlo method. The Engineering Economist, v.51, n.2. 2006.

SAMANEZ, C.P. "Análise e Gestão de Projetos de Investimento: Uma Aplicação da Teoria das Opções em Projeto de Exploração de Recursos Naturais". Tese de Doutorado. EAESP/FGV; 1994.

SCHWARTZ, E. S. "The stochastic behavior of commodity prices: implications for valuation and hedging". The Journal of Finance, v.52, n.3, July, 1997.

SCHWARTZ, E. S.; TRIGEORGIS, L. "Real Options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions". Cambridge: The MIT Press, 2001.

SLADE, M.; MOYEN N.; UPPAL, R. "Valuing risk and flexibility". The University of British Columbia, Vancouver, BC V6T 1Z1, Canada, 1996.

THURNER, Marc-Oliver. "Are Real Options Dead?" Research Institute for International Management, University St. Gallen, Swiss Institute of Banking and Finance, 2003.

TOURINHO, O. "The Option Value of Reserves of Natural Resources," Working Paper #94, University of California at Berkeley, 1979.

TRIANTIS, A. "Real Options: state of the practice" Journal of Applied Corporate Finance, v.14, n.2, 2001.

TRIGEORGIS, L. "Real Options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions". Cambridge: The MIT Press, 2001.

TRIGEORGIS, L. "Real Options and Investment Under Uncertainty: What Do We Know?" Working Papers – Research Series, National Bank of Belgium, 2002.

APÊNDICE

Tabela 8 - Simulação de Preços de Venda do Níquel Metálico (USD mil/t)

Parâmetros da simulação de Preços - Processo de Reversão à Média

Velocidade de Reversão	0,2
Desvio padrão relativo do preço por per	20,0%
Prêmio pelo Risco	0,00%
Preço atual (ano 1)	28,00
Preço Longo Prazo	14,00

Trajetórias →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ano ↓																									
1	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
2	31,05	22,79	29,45	31,76	34,23	25,24	20,77	30,30	26,82	24,82	20,62	28,78	21,86	27,34	28,71	23,48	14,13	27,83	20,97	16,77	20,41	30,27	34,48	23,18	21,93
3	27,92	16,18	20,66	29,60	14,45	24,81	24,24	28,45	24,06	21,67	9,50	31,85	19,58	18,77	26,65	21,55	11,27	26,01	23,58	14,27	22,96	29,53	30,22	13,89	22,84
4	25,12	11,69	20,18	20,33	17,43	22,27	17,47	26,30	28,40	19,61	14,49	28,81	17,86	19,28	25,30	25,45	11,31	22,95	32,98	12,82	22,04	27,96	13,64	8,08	15,43
5	17,71	9,04	23,95	28,98	14,22	12,50	15,48	22,85	26,30	13,71	16,22	34,99	24,64	17,56	14,12	26,53	9,24	25,38	16,34	14,31	18,48	20,31	11,74	10,29	18,48
6	9,46	7,49	24,54	28,66	16,78	16,29	13,60	20,64	25,31	12,05	15,54	32,43	32,53	16,25	5,88	28,10	11,74	27,95	21,12	14,23	21,43	17,91	14,78	10,40	23,87
7	10,63	8,17	13,16	21,79	18,71	15,03	12,90	20,52	22,93	14,74	16,28	31,47	35,84	15,87	7,79	25,48	14,02	22,27	22,81	15,53	23,41	16,26	15,99	7,47	26,54
8	9,15	8,12	11,83	21,65	21,18	14,82	10,81	17,03	19,74	11,99	15,13	27,87	37,22	17,34	7,71	16,90	16,67	19,19	22,23	18,67	31,61	15,23	12,82	9,52	28,23
9	10,79	11,38	12,48	19,86	22,17	16,80	12,99	16,68	17,59	6,66	15,60	21,66	28,09	22,73	8,31	12,39	12,87	11,93	14,74	22,64	18,84	16,53	13,10	9,09	33,33
10	12,04	10,35	14,05	18,26	24,37	11,38	9,32	16,11	18,75	7,97	12,27	13,09	34,75	19,22	7,41	7,44	13,99	12,55	12,92	13,24	23,66	16,87	14,04	8,30	28,87
11	11,60	10,78	17,97	13,68	26,64	16,19	10,63	10,72	20,20	10,38	9,21	10,64	30,36	17,39	9,84	10,78	9,53	10,69	15,01	14,76	21,68	16,59	13,44	7,71	17,89
12	9,32	16,37	18,47	9,87	30,01	14,15	12,13	8,00	20,92	11,05	8,80	12,16	25,66	10,75	12,31	14,52	11,32	14,18	19,03	16,27	14,18	12,39	10,10	7,48	15,21
13	11,98	11,92	19,35	13,16	16,36	20,37	15,99	11,19	15,31	12,38	6,80	13,10	21,52	12,58	15,22	13,52	11,06	18,19	16,03	21,80	14,49	12,39	7,93	8,13	15,25
14	11,04	13,05	19,38	12,51	19,25	15,42	17,06	12,84	18,59	10,61	8,99	13,40	14,60	13,71	13,52	14,37	15,00	14,85	15,41	16,76	8,99	9,16	10,25	9,65	15,68
15	12,55	13,28	11,93	14,16	22,90	14,42	18,10	12,52	14,09	6,90	8,76	14,96	14,94	13,24	14,58	13,87	12,32	17,21	15,69	16,47	9,83	10,98	16,43	12,50	17,82
16	13,54	11,50	10,63	12,51	18,79	14,20	18,67	13,64	12,82	7,86	10,46	13,94	13,91	12,38	11,14	15,11	14,62	19,17	12,41	20,98	6,93	11,36	14,23	15,07	13,70
17	13,46	12,67	13,40	5,71	18,49	15,06	14,41	13,87	11,66	10,42	6,11	18,97	16,06	13,34	15,17	18,37	13,02	19,40	15,04	18,36	7,87	9,93	20,60	13,85	17,33
18	11,78	12,20	11,71	8,37	16,08	17,07	11,80	15,59	9,63	10,45	9,26	12,84	17,40	14,30	18,05	24,96	14,62	20,98	11,33	13,26	7,00	8,02	14,74	12,33	14,15
19	13,48	13,62	10,37	8,77	12,30	10,34	12,73	18,65	9,10	12,05	10,73	15,88	8,95	13,32	21,30	22,41	13,84	22,99	10,82	14,80	6,09	8,73	14,82	11,87	17,34
20	16,67	11,60	6,22	10,94	12,11	12,81	13,43	18,67	15,10	15,87	10,72	12,16	9,53	16,65	20,16	26,05	12,00	21,39	10,77	11,90	5,77	10,13	12,60	15,10	15,23
21	17,57	13,72	8,77	14,04	15,95	16,33	14,27	23,21	12,75	19,74	10,75	10,32	8,47	17,95	20,30	19,31	14,27	18,13	7,35	6,68	6,98	13,02	17,07	14,07	11,13
22	18,44	16,41	12,16	11,08	17,33	13,36	10,40	27,00	12,86	26,90	9,12	10,49	11,05	20,11	17,38	13,08	18,03	17,26	8,60	6,71	12,74	17,98	22,69	17,64	10,86
23	14,48	11,47	9,30	11,11	14,23	14,78	10,99	25,79	15,88	16,85	12,24	7,89	10,37	17,19	20,72	15,95	17,05	10,99	9,09	7,01	12,45	20,89	22,37	17,71	10,48
24	8,47	10,12	10,76	7,72	16,79	13,50	8,19	16,15	17,41	14,74	9,25	7,42	8,52	12,54	21,68	16,10	14,09	6,82	13,13	8,25	12,01	15,22	24,55	16,13	10,56
25	10,85	11,65	12,80	10,36	16,46	15,12	11,67	15,23	13,81	7,33	9,38	8,32	10,14	13,23	17,73	17,37	13,65	8,52	13,14	12,89	7,67	17,09	26,61	14,86	9,03
26	10,81	15,01	11,72	11,32	22,95	14,62	12,38	20,37	20,11	9,53	13,09	9,98	12,72	12,60	14,56	15,56	14,10	7,01	15,23	11,33	10,94	14,34	17,50	16,05	5,92
27	12,97	18,17	10,36	13,70	19,04	15,65	18,35	16,68	20,91	10,77	11,19	8,08	13,94	9,96	15,23	21,13	9,92	8,52	17,84	8,00	10,42	13,79	13,81	13,72	6,62
28	13,71	25,77	11,35	13,04	19,67	19,69	17,68	12,35	9,56	10,08	12,55	6,63	15,47	8,53	14,21	19,46	12,79	10,61	15,81	10,95	11,19	15,54	14,44	13,82	9,23

Tabela 8 - Simulação de Preços de Venda do Níquel Metálico (USD mil/t)

Parâmetros da simulação de Preços - Processo de Reversão à Média

Velocidade de Reversão	0,2
Desvio padrão relativo do preço por per	20,0%
Prêmio pelo Risco	0,00%
Preço atual (ano 1)	28,00
Preço Longo Prazo	14,00

Trajetórias - Ano	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
2	27,16	24,84	30,13	33,22	28,30	20,52	25,03	29,23	16,96	22,81	14,62	26,03	19,48	18,92	20,54	22,93	19,05	16,86	21,24	29,84	30,97	26,55	20,51	33,73	16,45
3	25,49	21,11	25,72	30,32	18,78	21,23	24,00	28,30	17,34	22,43	15,94	21,95	19,99	14,93	19,35	28,31	10,32	23,32	22,98	24,85	25,24	32,29	22,60	33,55	18,92
4	17,56	10,55	18,25	26,09	15,18	20,32	27,56	23,53	16,50	21,53	15,18	15,63	18,90	14,26	18,44	21,23	12,34	18,82	12,95	28,29	18,66	33,57	14,83	44,10	15,28
5	13,15	11,13	17,14	33,42	14,28	17,18	12,53	17,27	12,49	23,73	15,22	17,18	18,70	15,78	17,47	19,88	11,73	16,80	8,48	19,00	20,08	27,53	16,40	36,76	14,61
6	10,95	13,45	12,24	18,43	19,06	14,28	12,70	13,66	8,88	27,69	15,71	19,74	8,02	14,27	17,25	16,55	12,17	17,63	10,07	17,34	22,15	32,40	12,57	35,14	14,22
7	11,24	12,37	16,35	21,79	19,48	8,08	11,55	11,81	11,38	31,27	13,30	14,59	9,28	12,77	12,51	17,81	17,24	17,12	9,20	12,83	18,31	33,65	16,58	30,84	14,42
8	16,67	13,62	18,65	21,80	11,84	12,03	12,90	15,30	15,33	24,51	14,49	18,15	11,55	17,42	18,28	21,92	12,17	10,92	8,08	12,75	16,16	32,45	21,86	34,15	13,24
9	15,57	14,03	17,37	17,55	10,90	13,76	9,60	16,43	12,16	24,11	13,85	10,98	12,77	19,91	19,64	24,02	12,92	7,58	10,52	17,50	21,90	23,10	16,87	24,46	16,32
10	12,98	14,77	17,76	15,84	11,93	11,61	13,11	23,36	15,16	34,77	16,18	12,09	13,33	13,00	18,52	29,43	11,74	8,73	7,46	20,30	28,19	26,57	21,08	23,18	19,18
11	13,52	10,64	14,00	17,56	13,49	14,31	11,10	14,18	12,14	18,32	16,26	10,92	14,57	14,88	23,25	23,03	9,72	10,59	7,89	20,39	23,79	13,62	12,92	24,69	15,72
12	15,39	9,23	16,29	16,33	10,93	15,36	9,29	14,03	12,78	18,94	18,18	11,64	11,52	23,17	20,25	20,73	11,57	10,17	11,29	14,49	23,31	12,67	12,02	14,53	11,78
13	11,04	8,15	17,79	16,20	11,18	13,87	12,43	12,07	9,54	16,66	13,81	10,76	14,39	19,45	17,41	19,03	9,72	8,94	13,01	17,16	24,40	11,48	9,99	17,24	12,01
14	12,19	6,64	17,79	16,39	12,07	8,99	13,20	15,49	10,37	16,09	14,00	10,25	9,04	20,14	20,17	13,73	8,89	13,37	10,15	17,43	26,58	10,22	9,86	19,91	14,22
15	12,58	9,49	11,71	12,83	12,85	13,30	14,50	19,88	12,12	11,59	10,48	10,68	9,44	18,69	17,69	12,83	7,94	11,13	7,66	18,19	33,23	12,26	11,39	20,32	17,50
16	9,42	9,64	12,97	9,54	18,10	14,42	15,40	22,44	12,88	14,80	7,97	9,81	8,32	15,21	17,33	13,15	10,66	10,17	8,19	25,06	29,93	14,04	14,67	19,01	18,00
17	7,71	9,64	15,87	11,38	18,91	14,01	18,66	31,36	14,93	10,67	10,93	14,86	11,38	14,74	15,39	17,54	13,49	12,88	8,00	19,10	27,34	15,76	15,60	16,23	20,87
18	8,35	11,06	19,01	9,98	19,61	16,67	19,24	20,86	18,55	12,21	11,55	13,07	18,16	15,70	13,34	20,06	8,66	12,65	10,10	21,81	22,95	19,34	20,78	9,26	18,29
19	9,92	8,67	16,30	10,80	18,29	8,64	14,62	22,26	17,54	13,23	10,74	11,74	14,10	19,65	6,66	19,38	8,15	12,79	10,48	19,12	18,94	24,78	11,68	11,78	15,31
20	13,49	9,90	18,82	7,45	16,95	11,82	16,05	24,01	11,35	18,65	13,99	12,30	19,30	24,04	7,36	22,35	8,80	12,38	12,51	16,87	26,18	28,19	10,41	10,42	19,58
21	9,39	9,97	16,76	7,54	13,42	10,40	15,62	21,71	11,70	15,27	15,58	11,13	12,59	25,98	8,67	18,49	13,11	12,56	12,48	24,79	28,44	24,00	8,48	11,12	17,27
22	10,62	9,71	18,56	8,95	12,09	10,92	17,51	17,57	12,63	23,44	13,98	10,29	14,10	20,27	12,29	13,68	17,51	10,58	13,99	21,68	37,54	22,54	10,30	16,18	25,47
23	10,83	11,34	17,27	8,48	12,99	10,40	17,80	15,80	9,97	12,44	17,04	9,85	13,28	19,68	16,48	14,15	15,76	11,57	13,58	18,81	21,41	16,93	8,89	17,61	25,75
24	8,17	13,05	18,93	7,46	13,00	12,69	16,38	20,41	10,16	14,72	22,43	7,85	15,01	20,88	19,61	11,45	15,77	13,68	11,85	23,92	17,02	19,72	11,08	17,02	36,08
25	10,64	13,64	13,01	8,01	13,42	11,59	14,81	21,69	8,88	11,95	26,74	9,57	16,14	23,38	18,01	10,47	15,46	12,46	9,73	14,55	13,09	22,32	8,73	18,33	36,41
26	10,80	16,32	11,48	7,80	15,69	11,69	15,51	27,07	12,54	13,04	22,18	14,78	16,38	19,53	26,07	15,50	12,69	12,78	11,11	7,21	9,10	6,34	8,98	15,85	31,16
27	13,26	11,31	12,13	10,03	19,48	9,49	17,34	24,60	16,57	13,52	28,45	11,45	17,88	21,96	27,90	22,32	11,46	14,47	11,79	10,08	10,63	7,06	9,65	13,47	19,20
28	14,03	10,09	13,44	10,28	16,15	8,68	16,54	15,50	16,46	16,09	24,34	11,07	19,87	25,44	24,35	30,51	13,04	15,88	14,54	8,86	9,05	8,95	10,73	15,69	17,18

Tabela 9 - Premissas de Projeção dos Fluxos de Caixa

Ano	NM Ni metalico (kt)	CO Custo operacional Unitário (USD mil/t)	DA Depreciação/ Amortização (USD mil)	II Investimento Inicial (USD mil)	IC Investimentos Correntes (USD mil)	CFt Custo potencial Fechamento (USD mil)	VRt Valor Residual (USD mil)
1	-	-	-	80.000,0	-	-	-
2	-	-	-	420.000,0	-	-	-
3	-	-	-	500.000,0	-	-	-
4	12,24	14,43	100.000,0	-	-	-	-
5	16,79	9,23	100.000,0	-	26.800,0	-	-
6	21,35	8,02	102.680,0	-	13.000,0	-	-
7	24,50	7,26	103.980,0	-	1.200,0	-	-
8	25,94	7,36	104.100,0	-	9.200,0	-	-
9	24,43	7,90	105.020,0	-	7.100,0	-	-
10	22,08	8,64	105.730,0	-	200,0	-	-
11	20,29	9,35	105.750,0	-	6.100,0	-	-
12	19,32	9,83	106.360,0	-	200,0	-	-
13	20,01	9,51	106.380,0	-	8.100,0	-	-
14	20,15	9,23	7.190,0	-	9.200,0	-	-
15	20,98	9,06	8.110,0	-	550,0	-	-
16	20,98	9,09	5.485,0	-	382,0	-	-
17	18,63	10,05	4.223,2	-	382,0	-	-
18	17,66	10,50	4.141,4	-	3.500,0	-	-
19	18,08	10,09	3.571,4	-	3.200,0	-	-
20	18,22	10,09	3.217,0	-	578,0	-	-
21	17,66	10,44	3.269,2	-	730,0	-	-
22	17,25	10,78	2.763,5	-	580,0	-	-
23	16,70	11,03	2.840,2	-	2.400,0	-	-
24	17,11	10,66	2.510,2	-	1.500,0	-	-
25	19,04	9,74	1.965,2	-	1.800,0	-	-
26	20,29	9,26	2.510,2	-	750,0	-	-
27	18,63	9,22	2.847,0	-	920,0	-	-
28	6,96	11,83	4.598,8	-	870,0	50.000,0	17.500,0

Tabela 10 - Projeções de Fluxo de Caixa (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(+) Valor de Resgate	(+) VR
(-) Custo de Fechamento	(-) CF

Trajetórias - Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0
2	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0
3	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0
4	120,4	-33,5	70,4	72,2	36,8	96,0	37,2	129,9	146,9	63,4	0,8	150,2	42,0	59,5	121,8	123,1	-38,2	102,8	183,9	-19,6	93,2	143,3	-9,6	-77,7	12,2
5	101,1	-30,1	170,3	226,0	57,0	28,1	76,4	158,1	196,4	48,4	84,6	292,7	178,0	99,5	55,3	198,9	-26,7	186,2	86,0	58,4	109,6	130,0	15,3	-9,1	109,7
6	17,7	-24,4	254,7	312,7	145,3	138,4	100,5	199,7	265,6	73,0	127,8	365,9	367,3	137,9	-58,7	304,8	66,4	302,7	206,5	109,3	210,9	161,2	117,2	37,7	245,2
7	81,3	21,2	129,7	269,1	219,4	159,8	125,5	248,6	287,7	155,1	180,1	425,8	496,4	173,4	11,9	328,8	143,6	277,0	285,7	167,9	295,4	179,7	175,3	4,1	346,0
8	37,4	10,8	102,8	270,8	262,9	153,9	80,4	191,9	238,3	105,5	159,4	377,3	537,4	197,1	0,0	189,5	185,6	228,8	280,9	219,9	441,4	161,1	119,7	46,9	383,5
9	63,6	77,8	102,4	221,4	258,7	172,1	110,7	170,1	184,8	-37,5	152,7	250,4	354,0	267,7	2,9	101,0	108,7	91,2	138,8	266,2	205,0	167,7	112,4	22,0	438,5
10	74,8	37,4	114,5	175,8	264,9	60,1	14,8	144,5	183,1	-15,2	79,8	98,0	416,2	189,9	-27,5	-26,7	113,6	86,1	94,2	101,2	254,5	155,6	114,4	-7,8	330,5
11	39,4	22,9	145,2	81,8	261,3	121,3	19,8	21,5	175,1	14,7	-9,1	20,0	311,1	137,5	3,8	22,8	-2,5	21,0	105,6	102,2	194,9	126,7	76,9	-39,4	144,2
12	-10,0	119,4	146,1	0,6	293,3	83,4	44,4	-35,4	177,4	23,3	-20,0	44,8	237,8	17,6	47,9	90,4	28,6	83,9	153,3	118,2	83,9	49,4	5,2	-45,6	103,9
13	41,4	40,1	158,1	64,9	118,5	171,5	113,7	25,6	104,8	49,5	-62,2	63,8	186,7	53,4	103,6	72,2	23,1	142,8	114,2	190,4	91,5	49,5	-39,7	-35,7	103,9
14	17,4	44,1	128,3	36,9	126,6	75,5	97,4	41,3	117,7	11,6	-14,0	48,7	64,6	52,8	50,3	61,7	70,1	68,0	75,5	93,5	-13,9	-10,6	6,8	-1,1	79,0
15	50,5	60,7	41,9	72,8	193,9	76,5	127,4	50,2	71,9	-45,9	-6,9	84,0	83,6	60,0	78,7	68,8	47,4	115,1	94,0	104,9	12,9	28,8	104,3	49,8	123,6
16	63,1	34,8	22,8	48,9	135,8	72,3	134,2	64,6	53,2	-26,1	20,5	68,6	68,2	47,1	29,8	84,9	78,1	141,1	47,5	166,1	-45,7	32,9	72,6	84,2	65,3
17	42,9	33,2	42,2	-81,4	104,8	62,6	54,7	47,9	20,8	5,6	-73,8	110,6	74,9	41,5	64,0	103,3	37,5	116,0	62,3	103,2	-41,0	-2,7	130,8	47,8	90,5
18	12,9	17,7	12,0	-41,0	63,0	74,5	13,1	57,3	-18,9	-4,3	-25,3	25,3	78,4	42,2	85,9	166,5	46,0	120,2	7,6	30,1	-65,2	-47,2	47,4	19,3	40,5
19	38,5	40,1	1,4	-27,0	24,3	1,1	29,5	100,1	-21,1	21,4	5,6	67,1	-23,8	36,5	131,8	145,0	42,7	152,0	6,7	54,2	-75,4	-27,9	54,5	19,2	84,5
20	79,6	18,7	-71,1	10,7	24,9	33,3	40,7	103,7	60,7	70,0	8,1	25,4	-10,7	79,4	121,7	192,4	23,4	136,4	8,7	22,3	-79,3	0,2	30,7	60,8	62,4
21	83,5	38,7	-30,1	42,4	64,6	69,1	45,1	149,3	27,3	108,9	4,0	-2,8	-35,4	88,0	115,4	103,8	45,1	90,1	-55,3	-67,0	-61,8	30,6	77,8	42,8	8,5
22	87,5	64,4	16,1	3,8	74,9	29,7	-7,3	184,9	24,1	183,8	-29,3	-5,6	3,4	106,5	75,4	26,5	82,8	74,0	-38,3	-70,9	22,6	82,3	135,9	78,4	0,8
23	36,6	3,5	-31,2	-1,1	33,9	39,9	-3,1	161,2	52,0	62,8	11,9	-54,8	-13,4	66,4	105,3	52,8	64,9	-3,1	-34,8	-69,5	14,2	107,2	123,6	72,2	-11,5
24	-39,0	-10,7	0,1	-51,9	68,5	31,4	-43,9	61,3	75,6	45,5	-25,7	-57,0	-38,2	20,5	123,7	60,7	38,0	-67,2	27,2	-42,8	14,6	50,9	156,2	61,1	-3,2
25	12,9	22,9	37,3	6,7	83,4	66,6	23,2	67,9	50,1	-47,6	-8,5	-28,8	4,0	42,8	99,4	94,9	48,0	-25,0	41,7	38,5	-41,1	91,3	210,9	63,3	-15,2
26	20,9	77,2	33,1	27,7	183,4	71,9	41,9	148,9	145,4	3,8	51,5	9,8	46,5	44,9	71,1	84,5	65,0	-46,3	80,0	27,8	22,7	68,1	110,4	91,0	-68,4
27	46,1	110,1	14,0	55,1	120,8	79,1	112,3	91,8	143,7	19,0	24,3	-22,3	58,0	9,1	73,9	146,5	8,7	-14,1	106,0	-23,8	14,7	56,2	56,5	55,4	-49,4
28	9,3	64,7	-4,2	6,3	36,7	36,8	27,5	2,8	-16,6	-13,0	4,0	-37,0	17,4	-23,8	11,6	35,7	5,1	-9,3	19,0	-7,0	-5,3	17,7	12,7	9,8	-18,9

Tabela 10 - Projeções de Fluxo de Caixa (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(-) Custo de Fechamento	(-) CF
(+) Valor de Resgate	(+) VR

Trajetórias -	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Ano																									
1	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0
2	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0	-420,0
3	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0	-500,0
4	38,4	-47,5	46,8	128,3	9,2	72,2	140,1	107,5	25,4	87,0	9,2	14,7	54,8	-2,1	49,1	83,3	-25,6	53,8	-18,0	146,0	51,8	188,7	4,9	273,7	10,5
5	39,1	5,1	94,8	275,3	58,0	95,3	28,6	96,3	27,9	167,9	73,6	95,3	112,1	79,8	98,5	125,2	15,1	91,1	-39,4	115,4	127,5	209,9	86,7	312,2	63,4
6	49,4	98,4	77,1	168,6	177,5	110,1	86,8	101,3	5,4	299,0	130,2	187,1	-13,1	109,9	151,9	142,1	75,5	157,3	30,7	153,2	221,0	365,5	84,2	404,0	109,3
7	96,3	116,8	181,2	269,1	231,8	18,8	103,6	107,8	99,8	422,6	131,8	152,8	48,5	123,2	119,1	204,8	195,6	193,6	46,3	124,3	213,0	461,0	184,9	415,5	149,9
8	185,7	133,4	219,5	273,4	103,0	106,3	121,0	162,2	162,8	319,8	148,3	211,0	98,0	198,5	213,2	275,6	108,5	83,2	9,5	118,5	177,0	455,8	274,5	484,8	127,0
9	152,2	127,3	181,2	184,1	66,1	123,0	34,3	166,1	96,8	289,9	124,5	68,2	107,0	222,1	217,8	288,5	109,5	-15,0	56,7	183,3	254,3	273,7	173,1	295,6	164,3
10	95,5	125,0	168,6	140,6	72,3	65,4	98,4	250,2	130,7	416,5	145,6	75,9	103,2	96,0	179,7	338,6	68,2	1,8	-26,3	205,6	320,5	297,0	217,0	247,6	189,3
11	78,4	19,9	88,1	139,7	77,8	94,5	29,2	91,8	50,4	149,9	122,4	25,6	99,7	103,8	215,9	212,9	1,3	19,0	-35,9	177,6	223,2	80,5	66,2	235,2	115,1
12	107,0	-11,8	118,3	118,9	21,2	106,5	-10,5	81,1	56,9	152,2	142,5	34,8	32,6	206,1	168,8	175,0	33,4	6,4	28,1	89,8	208,0	54,7	42,2	90,6	37,5
13	22,5	-35,4	137,5	116,4	25,3	79,2	50,4	43,2	-7,4	122,5	77,9	17,0	89,6	159,4	132,4	153,8	-3,9	-19,4	62,0	129,2	224,7	31,4	1,6	130,2	42,0
14	32,7	-61,4	107,2	88,5	31,1	-13,9	46,1	76,6	8,5	84,6	56,8	6,9	-12,9	138,4	138,8	53,1	-15,9	48,4	5,5	102,3	224,0	6,4	1,6	135,3	59,6
15	51,0	8,1	38,9	54,4	54,7	61,0	77,5	152,0	44,6	37,2	21,8	24,7	7,5	135,6	121,8	54,4	-24,0	30,9	-30,0	128,7	336,8	46,6	34,5	158,2	119,1
16	6,1	9,1	55,3	7,8	126,2	75,3	88,8	186,4	54,0	80,5	-23,8	11,6	-16,5	86,3	115,6	57,7	23,2	16,5	-19,3	222,6	290,1	70,0	78,7	138,9	124,9
17	-44,1	-8,1	72,5	17,4	109,9	49,7	106,8	263,0	61,0	8,7	11,9	60,1	17,4	58,7	66,6	93,1	43,4	35,9	-38,6	112,3	213,6	71,2	69,2	77,0	134,1
18	-41,5	4,5	97,2	-12,7	104,1	69,9	99,8	118,7	91,8	17,9	10,2	27,9	87,3	58,6	31,1	109,4	-36,0	23,0	-10,5	129,7	143,1	101,0	117,8	-25,4	88,7
19	-6,2	-28,9	72,2	6,4	95,8	-29,4	52,1	143,2	87,0	35,5	5,7	17,7	45,8	112,1	-65,2	108,8	-38,2	30,2	2,7	105,8	103,6	173,3	17,0	18,2	60,3
20	41,4	-4,1	105,4	-48,7	83,0	21,4	72,2	167,9	15,7	103,5	47,5	27,1	111,3	168,3	-50,2	147,9	-24,0	28,1	29,7	82,1	194,0	218,1	4,4	4,6	114,7
21	-19,1	-8,9	74,1	-51,9	35,2	-1,3	60,9	131,9	15,1	56,7	60,4	8,5	25,6	181,6	-31,9	94,3	31,5	25,2	24,2	167,8	210,3	158,5	-35,2	8,3	80,1
22	-3,3	-19,0	88,9	-32,2	15,2	1,7	76,9	77,6	21,4	144,4	36,8	-9,1	38,1	108,3	17,5	33,4	77,0	-4,1	36,8	124,4	305,0	134,2	-8,9	61,8	167,5
23	-5,8	2,0	67,3	-44,9	20,1	-12,9	73,2	51,2	-20,1	14,1	64,8	-22,1	23,3	93,9	58,7	33,0	50,7	4,5	26,7	84,3	113,0	63,6	-38,1	71,1	160,8
24	-44,1	26,3	92,7	-56,4	25,8	22,2	64,0	109,5	-10,2	45,2	132,3	-49,6	48,5	114,7	100,4	8,2	57,0	33,4	12,8	149,1	71,1	101,7	4,1	71,1	286,5
25	10,2	47,9	40,0	-34,7	45,1	22,2	62,6	149,2	-18,2	26,7	212,7	-4,9	79,3	170,4	102,8	8,1	70,9	33,1	-1,9	59,4	41,0	157,0	-21,0	106,9	334,1
26	20,8	94,6	29,9	-30,2	86,2	32,6	83,9	238,6	44,1	50,8	173,1	74,0	95,5	137,7	225,2	83,7	46,0	47,2	24,9	-42,2	-3,8	-60,0	-6,4	88,4	293,3
27	49,6	25,7	35,7	9,9	126,1	3,3	99,9	189,1	90,4	52,9	236,4	27,4	106,5	156,6	229,7	161,1	27,6	64,5	31,6	10,6	17,3	-41,3	5,2	52,3	122,7
28	10,8	-12,9	8,1	-11,6	20,5	-22,7	22,3	17,6	21,9	20,3	58,1	-6,2	37,6	63,2	58,2	86,5	6,3	19,3	13,2	-21,5	-20,2	-20,9	-8,5	18,4	25,3

Tabela 11 - Despesas de Depreciação/ Amortização (USD mil)

Taxa média de Depreciação/ Amortização (% a.a.)	10,0%																								
Ano->	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Investimento Inicial (USD mil)																									
1.000.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0	100.000,0															
Investimentos Corrente (USD mil)																									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
26.800,0			2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0	2.680,0														
13.000,0				1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0													
1.200,0					120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0												
9.200,0						920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0											
7.100,0							710,0	710,0	710,0	710,0	710,0	710,0	710,0	710,0	710,0	710,0										
200,0								20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0									
6.100,0									610,0	610,0	610,0	610,0	610,0	610,0	610,0	610,0	610,0	610,0								
200,0										20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0							
8.100,0											810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0						
9.200,0												920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0	920,0					
550,0													55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0				
382,0														38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2			
382,0															38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2		
3.500,0																350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	350,0	
3.200,0																	355,6	355,6	355,6	355,6	355,6	355,6	355,6	355,6	355,6	355,6
578,0																		72,3	72,3	72,3	72,3	72,3	72,3	72,3	72,3	72,3
730,0																			104,3	104,3	104,3	104,3	104,3	104,3	104,3	104,3
580,0																				96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7
2.400,0																					480,0	480,0	480,0	480,0	480,0	480,0
1.500,0																						375,0	375,0	375,0	375,0	375,0
1.800,0																							600,0	600,0	600,0	600,0
750,0																								375,0	375,0	375,0
920,0																									920,0	920,0
870,0																										870,0
Total	**100.000,0**	**100.000,0**	**102.680,0**	**103.980,0**	**104.100,0**	**105.020,0**	**105.730,0**	**105.750,0**	**106.360,0**	**106.380,0**	**7.190,0**	**8.110,0**	**5.485,0**	**4.223,2**	**4.141,4**	**3.571,4**	**3.217,0**	**3.269,2**	**2.763,5**	**2.840,2**	**2.510,2**	**1.965,2**	**2.510,2**	**2.847,0**	**4.598,8**

Tabela 12 - Valor Presente Líquido Projeto pelo Método FCD antes do exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(+) Valor de Resgate	(+) VR
(-) Custo de Fechamento	(-) CF

Taxa de Juros Livre de Risco (% a.a.) rf = 6%

$$VPL_{FCD} = \sum_{t=1}^{28} FC_t \, x \, e^{-rf \, xt} + (VR_t - CF_t)^{-rf \, x28}$$

$$E(VPL_{FCD}) = \sum_{traj=1}^{50} VPL_{FCD} \; / \; 50$$

***E (VPL)* = 127,5 USD milhões**

Trajetórias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
VPL	**-336,9**	**-605,1**	**64,3**	**256,1**	**666,8**	**86,4**	**-200,6**	**338,2**	**586,9**	**-467,1**	**-452,9**	**625,3**	**1174,5**	**171,9**	**-360,3**	**490,1**	**-309,6**	**423,3**	**306,9**	**49,7**	**236,9**	**78,0**	**-73,2**	**-741,7**	**653,5**
Ano																									
1	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6
2	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9
3	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4
4	97,6	-27,2	57,1	58,6	29,8	77,8	30,2	105,3	119,1	51,4	0,6	121,7	34,1	48,2	98,8	99,7	-31,0	83,4	149,1	-15,9	75,5	116,2	-7,8	-62,9	9,9
5	77,2	-22,9	130,0	172,5	43,5	21,5	58,3	120,7	149,9	36,9	64,6	223,4	135,9	75,9	42,3	151,8	-20,4	142,1	65,6	44,6	83,7	99,2	11,7	-6,9	83,7
6	12,8	-17,6	183,1	224,8	104,5	99,5	72,3	143,6	190,9	52,5	91,9	263,0	264,1	99,1	-42,2	219,1	47,7	217,6	148,5	78,6	151,6	115,9	84,2	27,1	176,3
7	55,1	14,4	87,8	182,2	148,6	108,2	84,9	168,3	194,8	105,0	122,0	288,3	336,1	117,4	8,1	222,6	97,2	187,5	193,4	113,7	200,0	121,7	118,7	2,7	234,3
8	23,8	6,9	65,6	172,7	167,6	98,2	51,3	122,3	151,9	67,3	101,6	240,6	342,7	125,7	0,0	120,8	118,3	145,9	179,1	140,2	281,5	102,7	76,3	29,9	244,5
9	38,2	46,7	61,5	133,0	155,3	103,3	66,5	102,1	111,0	-22,5	91,7	150,4	212,6	160,7	1,7	60,6	65,3	54,7	83,4	159,9	123,1	100,7	67,5	13,2	263,3
10	42,3	21,1	64,7	99,4	149,8	34,0	8,4	81,7	103,5	-8,6	45,1	55,4	235,4	107,4	-15,5	-15,1	64,2	48,7	53,3	57,3	143,9	88,0	64,7	-4,4	186,9
11	21,0	12,2	77,4	43,5	139,2	64,6	10,5	11,5	93,2	7,8	-4,8	10,7	165,7	73,2	2,0	12,1	-1,3	11,2	56,2	54,5	103,8	67,5	40,9	-21,0	76,8
12	-5,0	59,9	73,3	0,3	147,1	41,8	22,3	-17,8	89,0	11,7	-10,0	22,5	119,3	8,8	24,0	45,4	14,3	42,1	76,9	59,3	42,1	24,8	2,6	-22,9	52,1
13	19,5	18,9	74,7	30,7	56,0	81,0	53,7	12,1	49,5	23,4	-29,4	30,1	88,2	25,2	48,9	34,1	10,9	67,4	53,9	90,0	43,2	23,4	-18,8	-16,9	49,1
14	7,7	19,6	57,1	16,4	56,3	33,6	43,3	18,4	52,4	5,2	-6,2	21,7	28,8	23,5	22,4	27,4	31,2	30,3	33,6	41,6	-6,2	-4,7	3,0	-0,5	35,2
15	21,1	25,4	17,6	30,5	81,2	32,0	53,4	21,0	30,1	-19,2	-2,9	35,2	35,0	25,2	33,0	28,8	19,9	48,2	39,4	43,9	5,4	12,1	43,7	20,9	51,8
16	24,9	13,7	9,0	19,3	53,6	28,5	53,0	25,5	21,0	-10,3	8,1	27,1	26,9	18,6	11,8	33,5	30,8	55,7	18,8	65,5	-18,0	13,0	28,7	33,2	25,8
17	15,9	12,3	15,7	-30,2	38,9	23,2	20,3	17,8	7,7	2,1	-27,4	41,1	27,8	15,4	23,8	38,4	13,9	43,1	23,2	38,3	-15,2	-1,0	48,6	17,8	33,6
18	4,5	6,2	4,2	-14,4	22,1	26,1	4,6	20,0	-6,6	-1,5	-8,9	8,8	27,4	14,8	30,1	58,3	16,1	42,0	2,7	10,5	-22,8	-16,5	16,6	6,7	14,2
19	12,7	13,2	0,4	-8,9	8,0	0,3	9,7	33,0	-7,0	7,0	1,9	22,1	-7,8	12,0	43,4	47,8	14,1	50,1	2,2	17,9	-24,9	-9,2	18,0	6,3	27,9
20	24,7	5,8	-22,1	3,3	7,7	10,3	12,6	32,2	18,9	21,7	2,5	7,9	-3,3	24,6	37,8	59,7	7,3	42,3	2,7	6,9	-24,6	0,1	9,5	18,9	19,4
21	24,4	11,3	-8,8	12,4	18,9	20,2	13,2	43,7	8,0	31,8	1,2	-0,8	-10,4	25,7	33,7	30,3	13,2	26,3	-16,2	-19,6	-18,1	8,9	22,7	12,5	2,5
22	24,1	17,7	4,4	1,0	20,6	8,2	-2,0	50,9	6,6	50,6	-8,1	-1,5	0,9	29,3	20,8	7,3	22,8	20,4	-10,5	-19,5	6,2	22,7	37,4	21,6	0,2
23	9,5	0,9	-8,1	-0,3	8,8	10,3	-0,8	41,8	13,5	16,3	3,1	-14,2	-3,5	17,2	27,3	13,7	16,8	-0,8	-9,0	-18,0	3,7	27,8	32,0	18,7	-3,0
24	-9,5	-2,6	0,0	-12,7	16,7	7,7	-10,7	15,0	18,5	11,1	-6,3	-13,9	-9,3	5,0	30,2	14,8	9,3	-16,4	6,6	-10,5	3,6	12,4	38,1	14,9	-0,8
25	3,0	5,3	8,6	1,5	19,2	15,3	5,3	15,6	11,5	-10,9	-2,0	-6,6	0,9	9,8	22,8	21,8	11,0	-5,8	9,6	8,9	-9,4	21,0	48,5	14,5	-3,5
26	4,5	16,7	7,2	6,0	39,7	15,6	9,1	32,2	31,5	0,8	11,1	2,1	10,1	9,7	15,4	18,3	14,1	-10,0	17,3	6,0	4,9	14,7	23,9	19,7	-14,8
27	9,4	22,4	2,8	11,2	24,6	16,1	22,9	18,7	29,3	3,9	4,9	-4,5	11,8	1,9	15,1	29,9	1,8	-2,9	21,6	-4,9	3,0	11,5	11,5	11,3	-10,1
28	-4,4	6,2	-7,0	-5,0	0,8	0,8	-1,0	-5,7	-9,4	-8,7	-5,5	-13,4	-2,9	-10,8	-4,0	0,6	-5,3	-8,0	-2,6	-7,6	-7,3	-2,8	-3,8	-4,4	-9,9

Tabela 12 - Valor Presente Líquido Projeto pelo Método FCD antes do exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(-) Custo de Fechamento	(-) CF
(+) Valor de Resgate	(+) VR

Taxa de Juros Livre de Risco (% a.a.) rf = 6%

$$VPL_{FCD} = \sum_{t=1}^{28} FC_t \, x \, e^{-rf \, x \, t} + (VR_t - CF_t)^{-rf \, x \, 28}$$

$$E(VPL_{FCD}) = \sum_{traj=1}^{50} VPL_{FCD} \, / \, 50$$

E (VPL) = **127,5 USD milhões**

Trajetórias ·	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
VPL	-348,1	-561,9	219,7	263,0	-45,7	-255,7	-109,6	500,6	-334,3	870,3	45,8	-252,2	-266,5	404,0	359,9	660,7	-465,4	-360,2	-824,2	484,0	1099,7	1070,0	-91,7	1314,2	339,0
Ano																									
1	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6
2	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9
3	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4
4	31,1	-38,5	37,9	104,0	7,4	58,5	113,5	87,1	20,6	70,5	7,4	11,9	44,4	-1,7	39,8	67,5	-20,7	43,6	-14,6	118,3	42,0	152,9	4,0	221,9	8,5
5	29,8	3,9	72,4	210,1	44,3	72,7	21,8	73,5	21,3	128,1	56,2	72,7	85,6	60,9	75,2	95,6	11,5	69,6	-30,1	88,1	97,3	160,3	66,1	238,3	48,4
6	35,5	70,7	55,4	121,2	127,6	79,2	62,4	72,8	3,9	215,0	93,6	134,5	-9,4	79,0	109,2	102,2	54,3	113,1	22,1	110,1	158,9	262,8	60,5	290,5	78,6
7	65,2	79,1	122,7	182,2	157,0	12,8	70,2	73,0	67,6	286,1	89,2	103,4	32,8	83,4	80,6	138,7	132,4	131,1	31,3	84,2	144,2	312,1	125,2	281,3	101,5
8	118,4	85,1	140,0	174,3	65,7	67,8	77,2	103,4	103,8	203,9	94,6	134,5	62,5	126,6	136,0	175,7	69,2	53,1	6,1	75,6	112,8	290,6	175,0	309,1	81,0
9	91,4	76,5	108,8	110,6	39,7	73,8	20,6	99,8	58,1	174,1	74,8	40,9	64,3	133,4	130,8	173,2	65,8	-9,0	34,1	110,1	152,7	164,3	104,0	177,5	98,6
10	54,0	70,7	95,4	79,5	40,9	37,0	55,7	141,5	73,9	235,5	82,3	42,9	58,4	54,3	101,6	191,5	38,5	1,0	-14,9	116,3	181,3	168,0	122,7	140,0	107,1
11	41,7	10,6	46,9	74,4	41,4	50,3	15,6	48,9	26,8	79,8	65,2	13,6	53,1	55,3	115,0	113,4	0,7	10,1	-19,1	94,6	118,9	42,9	35,2	125,2	61,3
12	53,6	-5,9	59,4	59,6	10,6	53,4	-5,3	40,7	28,5	76,3	71,5	17,5	16,3	103,4	84,7	87,8	16,8	3,2	14,1	45,1	104,3	27,5	21,2	45,4	18,8
13	10,6	-16,7	65,0	55,0	12,0	37,4	23,8	20,4	-3,5	57,9	36,8	8,0	42,3	75,3	62,6	72,7	-1,8	-9,2	29,3	61,0	106,2	14,9	0,7	61,5	19,9
14	14,5	-27,3	47,7	39,4	13,8	-6,2	20,5	34,1	3,8	37,6	25,3	3,1	-5,7	61,5	61,7	23,6	-7,1	21,5	2,4	45,5	99,6	2,9	0,7	60,2	26,5
15	21,4	3,4	16,3	22,8	22,9	25,5	32,5	63,7	18,7	15,6	9,1	10,3	3,1	56,8	51,0	22,8	-10,0	12,9	-12,5	53,9	141,1	19,5	14,4	66,3	49,9
16	2,4	3,6	21,8	3,1	49,8	29,7	35,1	73,5	21,3	31,8	-9,4	4,6	-6,5	34,1	45,6	22,8	9,2	6,5	-7,6	87,8	114,5	27,6	31,1	54,8	49,3
17	-16,4	-3,0	26,9	6,5	40,9	18,5	39,7	97,7	22,7	3,2	4,4	22,3	6,5	21,8	24,8	34,6	16,1	13,3	-14,3	41,7	79,4	26,5	25,7	28,6	49,8
18	-14,5	1,6	34,0	-4,4	36,4	24,5	34,9	41,5	32,1	6,3	3,6	9,8	30,5	20,5	10,9	38,3	-12,6	8,1	-3,7	45,4	50,1	35,3	41,2	-8,9	31,1
19	-2,0	-9,5	23,8	2,1	31,6	-9,7	17,2	47,2	28,7	11,7	1,9	5,8	15,1	37,0	-21,5	35,9	-12,6	10,0	0,9	34,9	34,1	57,1	5,6	6,0	19,9
20	12,9	-1,3	32,7	-15,1	25,8	6,6	22,4	52,1	4,9	32,1	14,7	8,4	34,5	52,2	-15,6	45,9	-7,5	8,7	9,2	25,5	60,2	67,7	1,4	1,4	35,6
21	-5,6	-2,6	21,7	-15,2	10,3	-0,4	17,8	38,5	4,4	16,6	17,7	2,5	7,5	53,1	-9,3	27,6	9,2	7,4	7,1	49,0	61,5	46,3	-10,3	2,4	23,4
22	-0,9	-5,2	24,5	-8,9	4,2	0,5	21,2	21,4	5,9	39,8	10,1	-2,5	10,5	29,8	4,8	9,2	21,2	-1,1	10,1	34,3	83,9	36,9	-2,4	17,0	46,1
23	-1,5	0,5	17,5	-11,7	5,2	-3,4	19,0	13,3	-5,2	3,7	16,8	-5,7	6,0	24,3	15,2	8,5	13,1	1,2	6,9	21,9	29,3	16,5	-9,9	18,4	41,7
24	-10,8	6,4	22,6	-13,8	6,3	5,4	15,6	26,7	-2,5	11,0	32,3	-12,1	11,8	28,0	24,5	2,0	13,9	8,2	3,1	36,4	17,4	24,8	1,0	17,4	69,9
25	2,3	11,0	9,2	-8,0	10,4	5,1	14,4	34,3	-4,2	6,2	48,9	-1,1	18,2	39,2	23,6	1,9	16,3	7,6	-0,4	13,6	9,4	36,1	-4,8	24,6	76,8
26	4,5	20,5	6,5	-6,5	18,7	7,1	18,2	51,7	9,6	11,0	37,5	16,0	20,7	29,8	48,8	18,1	10,0	10,2	5,4	-9,1	-0,8	-13,0	-1,4	19,1	63,5
27	10,1	5,2	7,3	2,0	25,7	0,7	20,4	38,6	18,4	10,8	48,2	5,6	21,7	31,9	46,8	32,9	5,6	13,2	6,4	2,2	3,5	-8,4	1,1	10,7	25,0
28	-4,2	-8,7	-4,7	-8,5	-2,3	-10,6	-2,0	-2,9	-2,0	-2,3	4,9	-7,4	1,0	5,9	4,9	10,4	-5,0	-2,5	-3,7	-10,4	-10,1	-10,2	-7,9	-2,7	-1,4

Tabela 13 - VPL remanescente do projeto a cada ano antes do exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(+) Valor de Resgate	(+) VR
(-) Custo de Fechamento	(-) CF

Taxa de Juros Livre de Risco (% a.a.) rf = 6%

$$VPL_{REM} = \sum_{t=t}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

Trajetórias - Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-330,6	-598,9	70,5	262,4	673,0	92,7	-194,4	344,4	593,1	-460,8	-446,6	631,5	1180,8	178,1	-354,1	496,4	-303,4	429,6	313,1	56,0	243,1	84,2	-67,0	-735,4	659,7
2	-257,6	-525,8	143,6	335,4	746,1	165,7	-121,3	417,5	666,2	-387,8	-373,6	704,6	1253,9	251,2	-281,0	569,4	-230,3	502,6	386,2	129,0	316,2	157,3	6,1	-662,4	732,8
3	124,4	-143,9	525,6	717,4	1128,0	547,7	260,6	799,4	1048,2	-5,8	8,4	1086,6	1635,8	633,1	101,0	951,4	151,7	884,6	768,2	511,0	698,1	539,3	388,0	-280,4	1114,8
4	664,6	396,3	1065,7	1257,6	1668,2	1087,9	800,8	1339,6	1588,3	534,4	548,5	1626,7	2176,0	1173,3	641,1	1491,6	691,8	1424,7	1308,3	1051,1	1238,3	1079,4	928,2	259,7	1654,9
5	555,2	411,6	996,8	1187,2	1626,6	998,3	758,8	1222,5	1457,4	471,1	536,1	1493,2	2130,1	1113,3	530,5	1380,0	711,0	1329,6	1147,4	1055,2	1151,0	951,4	924,1	310,9	1633,2
6	467,9	424,5	856,7	1004,6	1572,9	966,7	690,4	1091,6	1297,4	424,1	461,4	1259,6	1984,1	1027,3	478,2	1218,1	721,3	1177,4	1071,7	1000,5	1057,2	842,1	902,4	307,7	1539,3
7	445,9	432,8	664,4	770,5	1459,2	858,0	608,9	938,8	1097,2	362,4	360,3	987,4	1710,8	918,9	511,2	989,7	664,3	950,5	914,0	912,7	896,3	717,0	808,9	271,4	1353,8
8	382,4	410,0	568,2	579,8	1302,2	741,3	515,5	762,1	894,0	248,9	229,9	690,6	1366,3	793,1	494,7	758,6	558,7	754,5	712,1	790,6	687,9	586,9	681,8	260,2	1111,1
9	350,8	395,4	494,9	399,5	1126,9	635,5	456,5	632,1	734,4	173,9	120,6	442,4	1016,0	659,7	486,9	630,1	432,7	600,9	525,4	642,7	398,8	476,5	597,8	222,6	858,9
10	305,7	341,7	426,4	259,5	964,6	525,1	383,1	522,9	616,4	189,4	21,9	285,0	796,4	492,0	478,2	562,5	360,4	539,2	435,0	475,8	268,7	368,8	523,3	202,4	588,5
11	257,0	314,2	355,3	153,7	808,4	484,8	368,3	434,8	506,5	191,6	-29,7	223,2	554,6	378,2	487,3	571,2	289,7	484,1	375,3	412,2	118,3	274,4	452,2	200,4	395,3
12	230,2	296,2	272,1	104,3	663,4	414,3	352,0	417,5	407,4	178,0	-30,6	206,7	383,1	299,1	479,5	553,2	285,3	467,1	313,3	351,9	8,7	201,1	405,4	215,6	312,7
13	229,9	231,0	193,6	98,7	511,0	367,2	324,4	430,0	313,2	161,0	-25,9	179,0	258,5	285,0	450,2	502,6	265,7	419,8	231,1	287,4	-38,7	171,1	397,6	233,2	255,3
14	205,6	207,3	114,1	63,3	450,3	281,4	265,9	413,1	258,9	132,9	-1,3	144,1	165,5	255,0	396,5	463,7	250,0	347,5	172,4	192,6	-86,7	142,9	411,6	245,3	201,4
15	193,5	183,3	52,7	42,5	389,6	243,5	218,3	390,4	202,2	123,4	0,6	118,1	132,4	227,2	369,8	431,9	214,5	312,9	134,5	146,7	-84,8	143,3	404,2	241,4	161,9
16	168,5	154,0	31,2	8,1	304,5	207,5	161,0	365,5	168,2	138,7	-0,4	79,0	93,5	198,1	332,9	399,2	190,7	260,8	91,1	98,9	-94,2	127,3	356,6	216,6	106,3
17	140,0	136,7	18,7	-14,7	247,3	175,4	104,5	336,5	143,7	145,4	-12,1	48,4	63,0	176,0	317,6	362,1	156,4	201,6	68,8	29,8	-79,7	110,8	324,4	179,9	76,9
18	120,9	121,2	-0,2	12,3	205,2	149,0	81,0	315,5	132,8	140,2	12,2	4,1	32,0	157,4	290,6	320,6	139,2	155,3	42,5	-11,8	-67,6	108,6	272,6	158,9	40,1
19	113,5	112,1	-7,3	23,8	180,3	120,0	73,5	292,5	136,5	138,8	18,2	-7,7	1,7	139,7	257,7	259,4	120,3	110,4	37,0	-25,1	-47,7	122,2	253,1	149,3	23,1
20	98,3	96,4	-10,3	30,2	169,7	117,1	61,2	257,0	140,9	129,2	13,7	-32,3	7,0	125,1	211,7	209,1	103,6	57,7	32,2	-45,6	-25,4	128,8	232,6	140,4	-7,4
21	71,2	88,2	9,4	24,5	159,7	104,5	46,3	222,5	119,7	105,1	8,9	-42,5	8,0	98,2	171,6	147,0	94,0	13,1	27,2	-54,8	-3,1	126,5	220,8	119,2	-29,0
22	44,8	74,9	16,2	10,1	138,7	82,2	31,1	176,8	109,7	71,2	5,7	-43,8	16,3	70,4	135,8	114,6	78,8	-15,3	41,3	-37,3	12,9	115,5	196,0	104,6	-33,6
23	18,8	55,3	9,9	7,2	116,2	72,2	31,2	124,0	101,2	18,8	11,9	-44,1	13,5	39,2	113,2	105,5	54,1	-37,5	50,0	-19,6	4,9	91,0	156,7	81,2	-35,6
24	7,7	52,8	16,4	5,8	105,8	60,3	30,4	80,6	86,1	0,9	7,2	-31,5	15,4	20,4	84,3	90,2	35,7	-38,3	57,4	-3,2	-0,4	61,6	123,0	60,9	-34,3
25	15,8	54,0	14,9	17,1	87,7	51,2	39,7	64,2	66,2	-11,6	12,0	-19,0	23,3	13,9	52,6	73,9	25,0	-23,3	49,3	5,8	-5,5	47,7	83,5	44,5	-34,9
26	11,6	47,4	5,1	14,3	67,2	34,6	33,1	47,3	53,4	-2,0	12,7	-13,7	21,1	2,8	28,5	50,9	12,7	-18,9	38,4	-4,3	2,7	25,4	33,7	28,7	-32,7
27	5,9	29,6	-3,2	7,2	26,4	17,9	22,9	14,0	20,8	-3,9	0,4	-16,9	9,9	-8,0	12,0	31,5	-2,5	-9,9	20,0	-11,5	-3,3	9,6	8,7	7,9	-19,0
28	-4,4	6,2	-7,0	-5,0	0,8	0,8	-1,0	-5,7	-9,4	-8,7	-5,5	-13,4	-2,9	-10,8	-4,0	0,6	-5,3	-8,0	-2,6	-7,6	-7,3	-2,8	-3,8	-4,4	-9,9

Tabela 13 - VPL remanescente do projeto a cada ano antes do exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(+) Valor de Resgate	(+) VR
(-) Custo de Fechamento	(-) CF

Taxa de Juros Livre de Risco (% a.a.) rf = 6%

$$VPL_{REM} = \sum_{t=t}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

Trajetórias -	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Ano																									
1	-341,8	-555,7	225,9	269,3	-39,4	-249,5	-103,4	506,8	-328,1	876,6	52,0	-246,0	-260,3	410,3	366,2	667,0	-459,1	-354,0	-817,9	490,3	1105,9	1076,2	-85,4	1320,4	345,2
2	-268,8	-482,6	299,0	342,4	33,6	-176,4	-30,3	579,9	-255,0	949,6	125,1	-172,9	-187,2	483,3	439,2	740,0	-386,1	-280,9	-744,9	563,3	1179,0	1149,3	-12,4	1393,5	418,3
3	113,2	-100,6	680,9	724,3	415,6	205,6	351,7	961,9	127,0	1331,6	507,0	209,1	194,7	865,3	821,2	1122,0	-4,1	101,0	-362,9	945,3	1561,0	1531,3	369,6	1775,4	800,3
4	653,4	439,5	1221,1	1264,5	955,7	745,7	891,8	1502,0	667,1	1871,8	1047,2	749,2	734,9	1405,5	1361,3	1662,2	536,1	641,2	177,3	1485,5	2101,1	2071,4	909,8	2315,6	1340,4
5	610,4	466,2	1171,4	1148,7	936,5	675,4	766,4	1403,1	634,7	1789,4	1027,9	725,5	678,6	1395,3	1309,7	1582,8	545,0	585,8	180,1	1355,3	2047,3	1906,6	894,0	2081,9	1320,1
6	570,5	452,2	1088,9	928,4	882,1	592,6	734,6	1319,5	603,3	1651,2	961,7	642,6	583,0	1324,3	1224,5	1477,1	523,4	506,1	200,0	1257,1	1939,9	1736,3	817,7	1833,5	1261,6
7	525,7	372,3	1024,3	798,0	745,3	504,2	662,9	1237,4	590,2	1427,0	858,9	498,9	583,1	1236,1	1106,0	1365,7	459,8	383,8	168,7	1137,7	1771,8	1464,3	748,0	1533,8	1173,8
8	452,1	284,8	893,2	607,4	579,9	483,0	584,3	1156,0	514,2	1132,5	761,2	387,1	541,9	1144,2	1016,9	1218,6	319,0	244,3	128,9	1045,1	1619,2	1143,7	614,4	1244,1	1063,8
9	326,0	192,0	745,5	425,3	506,5	407,6	499,5	1044,9	402,7	920,9	658,9	244,9	471,7	1009,9	873,3	1035,2	242,1	183,6	115,2	961,9	1498,7	845,4	431,7	927,3	975,2
10	227,6	108,6	629,7	307,8	459,8	326,7	471,8	938,2	337,6	739,8	577,1	196,9	400,4	869,5	735,5	855,0	169,3	185,5	74,1	844,8	1338,9	674,1	320,7	742,8	869,5
11	167,2	31,5	527,9	221,9	412,6	283,4	409,8	790,3	257,3	497,9	488,4	147,6	335,6	808,9	627,5	657,1	124,4	178,1	82,5	722,1	1151,3	499,7	191,6	596,4	756,1
12	119,7	15,1	475,2	141,6	365,3	227,2	388,4	735,6	224,7	412,2	417,4	128,1	276,8	747,8	506,7	537,9	117,9	162,2	95,8	621,7	1026,6	451,0	150,5	465,4	689,0
13	60,8	15,7	410,5	76,7	349,4	168,5	388,4	689,6	190,9	330,6	340,7	105,4	255,1	639,1	416,7	444,8	95,8	153,7	76,4	571,4	917,0	418,3	124,1	414,6	664,9
14	45,3	27,6	340,8	16,9	332,7	126,4	359,8	664,5	189,6	267,9	299,1	92,6	208,0	559,0	349,4	367,4	92,9	158,1	42,4	505,6	806,1	398,7	118,6	348,3	640,2
15	26,5	50,6	288,8	-26,8	314,5	128,2	334,9	626,1	181,5	226,0	269,5	85,2	209,4	493,1	283,3	339,4	95,6	132,2	35,6	455,7	702,1	391,5	113,5	283,8	609,4
16	1,2	43,2	268,6	-53,5	287,7	98,7	298,6	558,5	158,9	206,5	256,4	70,9	202,3	432,4	228,4	312,7	101,7	115,4	44,2	397,9	557,1	368,0	95,1	213,6	555,5
17	-4,8	36,1	243,2	-60,1	234,3	65,5	260,0	481,4	134,0	171,2	262,2	62,8	205,3	394,8	179,2	286,4	89,0	105,3	48,3	306,5	439,1	336,9	60,5	155,3	502,7
18	8,4	35,9	213,1	-69,8	190,3	43,8	217,1	380,4	108,1	164,7	254,6	37,3	195,7	369,8	151,2	248,6	69,7	88,8	59,4	261,6	356,5	307,2	31,6	123,5	449,7
19	20,0	31,5	176,2	-68,2	151,0	16,5	179,3	336,0	73,1	155,6	248,2	24,6	162,2	346,4	137,5	207,5	79,5	77,9	60,2	213,4	303,6	269,0	-12,5	129,5	415,7
20	19,5	38,4	149,8	-72,9	116,8	23,6	159,5	286,3	41,9	141,3	243,7	16,2	144,6	306,9	156,4	169,0	89,5	65,3	56,8	175,9	266,9	209,3	-20,7	120,9	393,3
21	4,3	37,4	114,8	-60,1	88,8	14,7	134,8	231,8	34,7	106,9	226,7	5,5	107,7	252,4	169,7	120,8	94,6	54,3	45,2	148,1	204,4	139,3	-24,3	117,2	355,4
22	7,9	37,9	91,1	-47,0	76,4	13,0	115,0	191,2	28,2	88,3	207,0	1,0	98,2	197,2	177,0	91,2	83,3	44,9	36,1	97,0	140,8	90,9	-16,1	112,7	329,9
23	6,9	41,3	64,8	-40,0	70,4	10,7	92,0	168,0	20,5	46,7	195,0	1,6	85,9	165,6	170,3	80,2	60,3	44,2	24,1	61,0	55,0	52,1	-15,5	93,9	282,0
24	6,8	39,2	45,7	-30,0	63,5	12,4	71,4	153,1	24,1	41,4	176,6	5,7	78,2	139,6	153,5	70,0	45,5	41,4	15,6	37,5	24,1	34,0	-7,2	73,8	238,7
25	16,1	31,4	21,6	-17,6	55,8	5,6	54,3	125,0	25,1	28,9	142,9	16,4	64,9	110,2	127,5	66,6	30,2	31,8	11,0	-0,4	5,3	7,8	-9,7	55,0	167,3
26	12,5	19,1	11,1	-10,9	44,2	-0,8	38,7	89,4	28,0	21,5	92,7	16,3	45,4	69,7	102,6	63,4	12,6	22,9	10,2	-15,3	-5,3	-29,6	-6,1	29,2	89,2
27	6,9	-2,5	3,6	-5,5	24,4	-9,0	19,4	36,7	17,4	9,4	54,1	-0,9	23,7	38,8	52,7	44,2	1,5	11,6	3,7	-7,2	-5,6	-17,7	-5,8	8,9	24,6
28	-4,2	-8,7	-4,7	-8,5	-2,3	-10,6	-2,0	-2,9	-2,0	-2,3	4,9	-7,4	1,0	5,9	4,9	10,4	-5,0	-2,5	-3,7	-10,4	-10,1	-10,2	-7,9	-2,7	-1,4

Tabela 14 - Valor Presente Líquido pelo Método das Opções Reais após o exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(+) Valor de Resgate	(+) VR
(-) Custo de Fechamento	(-) CF

Taxa de Juros Livre de Risco (% a.a.) rf = 6%

$$VPL_{TOR} = \sum_{t=1}^{T} FC_t \, x \, e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

$$E(VPL_{TOR}) = \sum_{traj=1}^{NT} VPL_{TOR} \,/\, \mathrm{NT}$$

E (VPL) = **259,7 USD milhões**

Trajetórias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
VPL	**-77,6**	**-77,6**	**123,0**	**339,1**	**673,0**	**92,7**	**-77,6**	**344,4**	**593,1**	**-77,6**	**-77,6**	**681,9**	**1180,8**	**161,6**	**-77,6**	**496,4**	**-77,6**	**460,7**	**313,1**	**119,9**	**386,9**	**84,2**	**-67,0**	**-77,6**	**700,6**
Ano																									
1	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6
2	0,0	0,0	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	0,0	-383,9	-383,9	0,0	0,0	-383,9	-383,9	-383,9	0,0	-383,9	0,0	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	0,0	-383,9
3	0,0	0,0	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	0,0	-430,4	-430,4	0,0	0,0	-430,4	-430,4	-430,4	0,0	-430,4	0,0	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	0,0	-430,4
4	0,0	0,0	57,1	58,6	29,8	77,8	0,0	105,3	119,1	0,0	0,0	121,7	34,1	48,2	0,0	99,7	0,0	83,4	149,1	-15,9	75,5	116,2	-7,8	0,0	9,9
5	0,0	0,0	130,0	172,5	43,5	21,5	0,0	120,7	149,9	0,0	0,0	223,4	135,9	75,9	0,0	151,8	0,0	142,1	65,6	44,6	83,7	99,2	11,7	0,0	83,7
6	0,0	0,0	183,1	224,8	104,5	99,5	0,0	143,6	190,9	0,0	0,0	263,0	264,1	99,1	0,0	219,1	0,0	217,6	148,5	78,6	151,6	115,9	84,2	0,0	176,3
7	0,0	0,0	87,8	182,2	148,6	108,2	0,0	168,3	194,8	0,0	0,0	288,3	336,1	117,4	0,0	222,6	0,0	187,5	193,4	113,7	200,0	121,7	118,7	0,0	234,3
8	0,0	0,0	65,6	172,7	167,6	98,2	0,0	122,3	151,9	0,0	0,0	240,6	342,7	125,7	0,0	120,8	0,0	145,9	179,1	140,2	281,5	102,7	76,3	0,0	244,5
9	0,0	0,0	61,5	133,0	155,3	103,3	0,0	102,1	111,0	0,0	0,0	150,4	212,6	160,7	0,0	60,6	0,0	54,7	83,4	159,9	123,1	100,7	67,5	0,0	263,3
10	0,0	0,0	64,7	99,4	149,8	34,0	0,0	81,7	103,5	0,0	0,0	55,4	235,4	107,4	0,0	-15,1	0,0	48,7	53,3	57,3	143,9	88,0	64,7	0,0	186,9
11	0,0	0,0	77,4	43,5	139,2	64,6	0,0	11,5	93,2	0,0	0,0	10,7	165,7	73,2	0,0	12,1	0,0	11,2	56,2	54,5	103,8	67,5	40,9	0,0	76,8
12	0,0	0,0	73,3	0,3	147,1	41,8	0,0	-17,8	89,0	0,0	0,0	22,5	119,3	8,8	0,0	45,4	0,0	42,1	76,9	59,3	115,6	24,8	2,6	0,0	52,1
13	0,0	0,0	74,7	30,7	56,0	81,0	0,0	12,1	49,5	0,0	0,0	30,1	88,2	25,2	0,0	34,1	0,0	67,4	53,9	90,0	0,0	23,4	-18,8	0,0	49,1
14	0,0	0,0	57,1	16,4	56,3	33,6	0,0	18,4	52,4	0,0	0,0	21,7	28,8	23,5	0,0	27,4	0,0	30,3	33,6	41,6	0,0	-4,7	3,0	0,0	35,2
15	0,0	0,0	17,6	30,5	81,2	32,0	0,0	21,0	30,1	0,0	0,0	35,2	35,0	25,2	0,0	28,8	0,0	48,2	39,4	43,9	0,0	12,1	43,7	0,0	51,8
16	0,0	0,0	9,0	66,3	53,6	28,5	0,0	25,5	21,0	0,0	0,0	27,1	26,9	18,6	0,0	33,5	0,0	55,7	18,8	65,5	0,0	13,0	28,7	0,0	25,8
17	0,0	0,0	56,1	0,0	38,9	23,2	0,0	17,8	7,7	0,0	0,0	41,1	27,8	15,4	0,0	38,4	0,0	43,1	23,2	78,7	0,0	-1,0	48,6	0,0	33,6
18	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	26,1	0,0	20,0	-6,6	0,0	0,0	42,6	27,4	14,8	0,0	58,3	0,0	42,0	2,7	0,0	0,0	-16,5	16,6	0,0	14,2
19	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,3	0,0	33,0	-7,0	0,0	0,0	0,0	-7,8	12,0	0,0	47,8	0,0	50,1	2,2	0,0	0,0	-9,2	18,0	0,0	55,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	10,3	0,0	32,2	18,9	0,0	0,0	0,0	-3,3	24,6	0,0	59,7	0,0	42,3	2,7	0,0	0,0	0,1	9,5	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	20,2	0,0	43,7	8,0	0,0	0,0	0,0	-10,4	25,7	0,0	30,3	0,0	40,2	-16,2	0,0	0,0	8,9	22,7	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	8,2	0,0	50,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,9	29,3	0,0	7,3	0,0	0,0	-10,5	0,0	0,0	22,7	37,4	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	10,3	0,0	41,8	13,5	0,0	0,0	0,0	-3,5	17,2	0,0	13,7	0,0	0,0	-9,0	0,0	0,0	27,8	32,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	7,7	0,0	15,0	18,5	0,0	0,0	0,0	-9,3	5,0	0,0	14,8	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	12,4	38,1	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	15,3	0,0	15,6	11,5	0,0	0,0	0,0	0,9	9,8	0,0	21,8	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	21,0	48,5	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	15,6	0,0	32,2	31,5	0,0	0,0	0,0	10,1	-9,5	0,0	18,3	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	14,7	23,9	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	16,1	0,0	18,7	29,3	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	29,9	0,0	0,0	21,6	0,0	0,0	11,5	11,5	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,1	0,0	0,5	-3,2	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	3,4	2,4	0,0	0,0

Tabela 14 - Valor Presente Líquido pelo Método das Opções Reais após o exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Projeção de resultados e Fluxo de Caixa

Receita Líquida de Vendas	Preço venda x NM
(-) Custo operacional	(-) CO
(-) Depreciação/ Amortização	(-) DA
(-) Imposto de Renda/ CSLL	(-) IR/CSLL
(=) Lucro Líquido	(=) Lucro Líquido
(+) Depreciação	(+) DA
(-) Investimentos de Capital	(-) II + IC
(=) Fluxo de Caixa	(=) FC
(+) Valor de Resgate	(+) VR
(-) Custo de Fechamento	(-) CF

Taxa de Juros Livre de Risco (% a.a.) rf = 6%

$$VPL_{TOR} = \sum_{t=1}^{T} FC_t \, x e^{-rf\,t} + (VR_t - CF_t)^{-rf\,t}$$

$$E(VPL_{TOR}) = \sum_{traj=1}^{NT} VPL_{TOR} \,/\, \mathrm{NT}$$

E (VPL) = **259,7 USD milhões**

Trajetórias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
VPL	**-77,6**	**-77,6**	**123,0**	**339,1**	**673,0**	**92,7**	**-77,6**	**344,4**	**593,1**	**-77,6**	**-77,6**	**681,9**	**1180,8**	**161,6**	**-77,6**	**496,4**	**-77,6**	**460,7**	**313,1**	**119,9**	**386,9**	**84,2**	**-67,0**	**-77,6**	**700,6**
Ano																									
1	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6	-77,6
2	0,0	0,0	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	0,0	-383,9	-383,9	0,0	0,0	-383,9	-383,9	-383,9	0,0	-383,9	0,0	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	-383,9	0,0	-383,9
3	0,0	0,0	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	0,0	-430,4	-430,4	0,0	0,0	-430,4	-430,4	-430,4	0,0	-430,4	0,0	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	-430,4	0,0	-430,4
4	0,0	0,0	57,1	58,6	29,8	77,8	0,0	105,3	119,1	0,0	0,0	121,7	34,1	48,2	0,0	99,7	0,0	83,4	149,1	-15,9	75,5	116,2	-7,8	0,0	9,9
5	0,0	0,0	130,0	172,5	43,5	21,5	0,0	120,7	149,9	0,0	0,0	223,4	135,9	75,9	0,0	151,8	0,0	142,1	65,6	44,6	83,7	99,2	11,7	0,0	83,7
6	0,0	0,0	183,1	224,8	104,5	99,5	0,0	143,6	190,9	0,0	0,0	263,0	264,1	99,1	0,0	219,1	0,0	217,6	148,5	78,6	151,6	115,9	84,2	0,0	176,3
7	0,0	0,0	87,8	182,2	148,6	108,2	0,0	168,3	194,8	0,0	0,0	288,3	336,1	117,4	0,0	222,6	0,0	187,5	193,4	113,7	200,0	121,7	118,7	0,0	234,3
8	0,0	0,0	65,6	172,7	167,6	98,2	0,0	122,3	151,9	0,0	0,0	240,6	342,7	125,7	0,0	120,8	0,0	145,9	179,1	140,2	281,5	102,7	76,3	0,0	244,5
9	0,0	0,0	61,5	133,0	155,3	103,3	0,0	102,1	111,0	0,0	0,0	150,4	212,6	160,7	0,0	60,6	0,0	54,7	83,4	159,9	123,1	100,7	67,5	0,0	263,3
10	0,0	0,0	64,7	99,4	149,8	34,0	0,0	81,7	103,5	0,0	0,0	55,4	235,4	107,4	0,0	-15,1	0,0	48,7	53,3	57,3	143,9	88,0	64,7	0,0	186,9
11	0,0	0,0	77,4	43,5	139,2	64,6	0,0	11,5	93,2	0,0	0,0	10,7	165,7	73,2	0,0	12,1	0,0	11,2	56,2	54,5	103,8	67,5	40,9	0,0	76,8
12	0,0	0,0	73,3	0,3	147,1	41,8	0,0	-17,8	89,0	0,0	0,0	22,5	119,3	8,8	0,0	45,4	0,0	42,1	76,9	59,3	115,6	24,8	2,6	0,0	52,1
13	0,0	0,0	74,7	30,7	56,0	81,0	0,0	12,1	49,5	0,0	0,0	30,1	88,2	25,2	0,0	34,1	0,0	67,4	53,9	90,0	0,0	23,4	-18,8	0,0	49,1
14	0,0	0,0	57,1	16,4	56,3	33,6	0,0	18,4	52,4	0,0	0,0	21,7	28,8	23,5	0,0	27,4	0,0	30,3	33,6	41,6	0,0	-4,7	3,0	0,0	35,2
15	0,0	0,0	17,6	30,5	81,2	32,0	0,0	21,0	30,1	0,0	0,0	35,2	35,0	25,2	0,0	28,8	0,0	48,2	39,4	43,9	0,0	12,1	43,7	0,0	51,8
16	0,0	0,0	9,0	66,3	53,6	28,5	0,0	25,5	21,0	0,0	0,0	27,1	26,9	18,6	0,0	33,5	0,0	55,7	18,8	65,5	0,0	13,0	28,7	0,0	25,8
17	0,0	0,0	56,1	0,0	38,9	23,2	0,0	17,8	7,7	0,0	0,0	41,1	27,8	15,4	0,0	38,4	0,0	43,1	23,2	78,7	0,0	-1,0	48,6	0,0	33,6
18	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	26,1	0,0	20,0	-6,6	0,0	0,0	42,6	27,4	14,8	0,0	58,3	0,0	42,0	2,7	0,0	0,0	-16,5	16,6	0,0	14,2
19	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,3	0,0	33,0	-7,0	0,0	0,0	0,0	-7,8	12,0	0,0	47,8	0,0	50,1	2,2	0,0	0,0	-9,2	18,0	0,0	55,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	10,3	0,0	32,2	18,9	0,0	0,0	0,0	-3,3	24,6	0,0	59,7	0,0	42,3	2,7	0,0	0,0	0,1	9,5	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	20,2	0,0	43,7	8,0	0,0	0,0	0,0	-10,4	25,7	0,0	30,3	0,0	40,2	-16,2	0,0	0,0	8,9	22,7	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	8,2	0,0	50,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,9	29,3	0,0	7,3	0,0	0,0	-10,5	0,0	0,0	22,7	37,4	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	10,3	0,0	41,8	13,5	0,0	0,0	0,0	-3,5	17,2	0,0	13,7	0,0	0,0	-9,0	0,0	0,0	27,8	32,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	7,7	0,0	15,0	18,5	0,0	0,0	0,0	-9,3	5,0	0,0	14,8	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	12,4	38,1	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	15,3	0,0	15,6	11,5	0,0	0,0	0,0	0,9	9,8	0,0	21,8	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	21,0	48,5	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	15,6	0,0	32,2	31,5	0,0	0,0	0,0	10,1	-9,5	0,0	18,3	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	14,7	23,9	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	16,1	0,0	18,7	29,3	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	29,9	0,0	0,0	21,6	0,0	0,0	11,5	11,5	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,1	0,0	0,5	-3,2	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	3,4	2,4	0,0	0,0

Tabela 15 - VPL remanescente do projeto a cada ano após o exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Trajetórias - Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-330,6	-598,9	70,5	262,4	673,0	92,7	-194,4	344,4	593,1	-460,8	-446,6	631,5	1180,8	178,1	-354,1	496,4	-303,4	429,6	313,1	56,0	243,1	84,2	-67,0	-735,4	659,7
2	0,0	0,0	143,6	335,4	746,1	165,7	0,0	417,5	666,2	0,0	0,0	704,6	1253,9	251,2	0,0	569,4	0,0	502,6	386,2	129,0	316,2	157,3	6,1	0,0	732,8
3	0,0	0,0	525,6	717,4	1128,0	547,7	0,0	799,4	1048,2	0,0	0,0	1086,6	1635,8	633,1	0,0	951,4	0,0	884,6	768,2	511,0	698,1	539,3	388,0	0,0	1114,8
4	0,0	0,0	1065,7	1257,6	1668,2	1087,9	0,0	1339,6	1588,3	0,0	0,0	1626,7	2176,0	1173,3	0,0	1491,6	0,0	1424,7	1308,3	1051,1	1238,3	1079,4	928,2	0,0	1654,9
5	0,0	0,0	996,8	1187,2	1626,6	998,3	0,0	1222,5	1457,4	0,0	0,0	1493,2	2130,1	1113,3	0,0	1380,0	0,0	1329,6	1147,4	1055,2	1151,0	951,4	924,1	0,0	1633,2
6	0,0	0,0	856,7	1004,6	1572,9	966,7	0,0	1091,6	1297,4	0,0	0,0	1259,6	1984,1	1027,3	0,0	1218,1	0,0	1177,4	1071,7	1000,5	1057,2	842,1	902,4	0,0	1539,3
7	0,0	0,0	664,4	770,5	1459,2	858,0	0,0	938,8	1097,2	0,0	0,0	987,4	1710,8	918,9	0,0	989,7	0,0	950,5	914,0	912,7	896,3	717,0	808,9	0,0	1353,8
8	0,0	0,0	568,2	579,8	1302,2	741,3	0,0	762,1	894,0	0,0	0,0	690,6	1366,3	793,1	0,0	758,6	0,0	754,5	712,1	790,6	687,9	586,9	681,8	0,0	1111,1
9	0,0	0,0	494,9	399,5	1126,9	635,5	0,0	632,1	734,4	0,0	0,0	442,4	1016,0	659,7	0,0	630,1	0,0	600,9	525,4	642,7	398,8	476,5	597,8	0,0	858,9
10	0,0	0,0	426,4	259,5	964,6	525,1	0,0	522,9	616,4	0,0	0,0	285,0	796,4	492,0	0,0	562,5	0,0	539,2	435,0	475,8	268,7	368,8	523,3	0,0	588,5
11	0,0	0,0	355,3	153,7	808,4	484,8	0,0	434,8	506,5	0,0	0,0	223,2	554,6	378,2	0,0	571,2	0,0	484,1	375,3	412,2	118,3	274,4	452,2	0,0	395,3
12	0,0	0,0	272,1	104,3	663,4	414,3	0,0	417,5	407,4	0,0	0,0	206,7	383,1	299,1	0,0	553,2	0,0	467,1	313,3	351,9	8,7	201,1	405,4	0,0	312,7
13	0,0	0,0	193,6	98,7	511,0	367,2	0,0	430,0	313,2	0,0	0,0	179,0	258,5	285,0	0,0	502,6	0,0	419,8	231,1	287,4	0,0	171,1	397,6	0,0	255,3
14	0,0	0,0	114,1	63,3	450,3	281,4	0,0	413,1	258,9	0,0	0,0	144,1	165,5	255,0	0,0	463,7	0,0	347,5	172,4	192,6	0,0	142,9	411,6	0,0	201,4
15	0,0	0,0	52,7	42,5	389,6	243,5	0,0	390,4	202,2	0,0	0,0	118,1	132,4	227,2	0,0	431,9	0,0	312,9	134,5	146,7	0,0	143,3	404,2	0,0	161,9
16	0,0	0,0	31,2	8,1	304,5	207,5	0,0	365,5	168,2	0,0	0,0	79,0	93,5	198,1	0,0	399,2	0,0	260,8	91,1	98,9	0,0	127,3	356,6	0,0	106,3
17	0,0	0,0	18,7	0,0	247,3	175,4	0,0	336,5	143,7	0,0	0,0	48,4	63,0	176,0	0,0	362,1	0,0	201,6	68,8	29,8	0,0	110,8	324,4	0,0	76,9
18	0,0	0,0	0,0	0,0	205,2	149,0	0,0	315,5	132,8	0,0	0,0	4,1	32,0	157,4	0,0	320,6	0,0	155,3	42,5	0,0	0,0	108,6	272,6	0,0	40,1
19	0,0	0,0	0,0	0,0	180,3	120,0	0,0	292,5	136,5	0,0	0,0	0,0	1,7	139,7	0,0	259,4	0,0	110,4	37,0	0,0	0,0	122,2	253,1	0,0	23,1
20	0,0	0,0	0,0	0,0	169,7	117,1	0,0	257,0	140,9	0,0	0,0	0,0	7,0	125,1	0,0	209,1	0,0	57,7	32,2	0,0	0,0	128,8	232,6	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	159,7	104,5	0,0	222,5	119,7	0,0	0,0	0,0	8,0	98,2	0,0	147,0	0,0	13,1	27,2	0,0	0,0	126,5	220,8	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	138,7	82,2	0,0	176,8	109,7	0,0	0,0	0,0	16,3	70,4	0,0	114,6	0,0	0,0	41,3	0,0	0,0	115,5	196,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	116,2	72,2	0,0	124,0	101,2	0,0	0,0	0,0	13,5	39,2	0,0	105,5	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	91,0	156,7	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	105,8	60,3	0,0	80,6	86,1	0,0	0,0	0,0	15,4	20,4	0,0	90,2	0,0	0,0	57,4	0,0	0,0	61,6	123,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	87,7	51,2	0,0	64,2	66,2	0,0	0,0	0,0	23,3	13,9	0,0	73,9	0,0	0,0	49,3	0,0	0,0	47,7	83,5	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	67,2	34,6	0,0	47,3	53,4	0,0	0,0	0,0	21,1	2,8	0,0	50,9	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0	25,4	33,7	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	17,9	0,0	14,0	20,8	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	31,5	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	9,6	8,7	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	-5,7	-9,4	0,0	0,0	0,0	-2,9	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	-2,6	0,0	0,0	-2,8	-3,8	0,0	0,0

Tabela 15 - VPL remanescente do projeto a cada ano após o exercício da Opção de Abandono (USD milhões)

Trajetórias - Ano	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	-341,8	-555,7	225,9	269,3	-39,4	-249,5	-103,4	506,8	-328,1	876,6	52,0	-246,0	-260,3	410,3	366,2	667,0	-459,1	-354,0	-817,9	490,3	1105,9	1076,2	-85,4	1320,4	345,2
2	0,0	0,0	299,0	342,4	33,6	0,0	0,0	579,9	0,0	949,6	125,1	0,0	0,0	483,3	439,2	740,0	0,0	0,0	0,0	563,3	1179,0	1149,3	0,0	1393,5	418,3
3	0,0	0,0	680,9	724,3	415,6	0,0	0,0	961,9	0,0	1331,6	507,0	0,0	0,0	865,3	821,2	1122,0	0,0	0,0	0,0	945,3	1561,0	1531,3	0,0	1775,4	800,3
4	0,0	0,0	1221,1	1264,5	955,7	0,0	0,0	1502,0	0,0	1871,8	1047,2	0,0	0,0	1405,5	1361,3	1662,2	0,0	0,0	0,0	1485,5	2101,1	2071,4	0,0	2315,6	1340,4
5	0,0	0,0	1171,4	1148,7	936,5	0,0	0,0	1403,1	0,0	1789,4	1027,9	0,0	0,0	1395,3	1309,7	1582,8	0,0	0,0	0,0	1355,3	2047,3	1906,6	0,0	2081,9	1320,1
6	0,0	0,0	1088,9	928,4	882,1	0,0	0,0	1319,5	0,0	1651,2	961,7	0,0	0,0	1324,3	1224,5	1477,1	0,0	0,0	0,0	1257,1	1939,9	1736,3	0,0	1833,5	1261,6
7	0,0	0,0	1024,3	798,0	745,3	0,0	0,0	1237,4	0,0	1427,0	858,9	0,0	0,0	1236,1	1106,0	1365,7	0,0	0,0	0,0	1137,7	1771,8	1464,3	0,0	1533,8	1173,8
8	0,0	0,0	893,2	607,4	579,9	0,0	0,0	1156,0	0,0	1132,5	761,2	0,0	0,0	1144,2	1016,9	1218,6	0,0	0,0	0,0	1045,1	1619,2	1143,7	0,0	1244,1	1063,8
9	0,0	0,0	745,5	425,3	506,5	0,0	0,0	1044,9	0,0	920,9	658,9	0,0	0,0	1009,9	873,3	1035,2	0,0	0,0	0,0	961,9	1498,7	845,4	0,0	927,3	975,2
10	0,0	0,0	629,7	307,8	459,8	0,0	0,0	938,2	0,0	739,8	577,1	0,0	0,0	869,5	735,5	855,0	0,0	0,0	0,0	844,8	1338,9	674,1	0,0	742,8	869,5
11	0,0	0,0	527,9	221,9	412,6	0,0	0,0	790,3	0,0	497,9	488,4	0,0	0,0	808,9	627,5	657,1	0,0	0,0	0,0	722,1	1151,3	499,7	0,0	596,4	756,1
12	0,0	0,0	475,2	141,6	365,3	0,0	0,0	735,6	0,0	412,2	417,4	0,0	0,0	747,8	506,7	537,9	0,0	0,0	0,0	621,7	1026,6	451,0	0,0	465,4	689,0
13	0,0	0,0	410,5	76,7	349,4	0,0	0,0	689,6	0,0	330,6	340,7	0,0	0,0	639,1	416,7	444,8	0,0	0,0	0,0	571,4	917,0	418,3	0,0	414,6	664,9
14	0,0	0,0	340,8	16,9	332,7	0,0	0,0	664,5	0,0	267,9	299,1	0,0	0,0	559,0	349,4	367,4	0,0	0,0	0,0	505,6	806,1	398,7	0,0	348,3	640,2
15	0,0	0,0	288,8	0,0	314,5	0,0	0,0	626,1	0,0	226,0	269,5	0,0	0,0	493,1	283,3	339,4	0,0	0,0	0,0	455,7	702,1	391,5	0,0	283,8	609,4
16	0,0	0,0	268,6	0,0	287,7	0,0	0,0	558,5	0,0	206,5	256,4	0,0	0,0	432,4	228,4	312,7	0,0	0,0	0,0	397,9	557,1	368,0	0,0	213,6	555,5
17	0,0	0,0	243,2	0,0	234,3	0,0	0,0	481,4	0,0	171,2	262,2	0,0	0,0	394,8	179,2	286,4	0,0	0,0	0,0	306,5	439,1	336,9	0,0	155,3	502,7
18	0,0	0,0	213,1	0,0	190,3	0,0	0,0	380,4	0,0	164,7	254,6	0,0	0,0	369,8	151,2	248,6	0,0	0,0	0,0	261,6	356,5	307,2	0,0	123,5	449,7
19	0,0	0,0	176,2	0,0	151,0	0,0	0,0	336,0	0,0	155,6	248,2	0,0	0,0	346,4	137,5	207,5	0,0	0,0	0,0	213,4	303,6	269,0	0,0	129,5	415,7
20	0,0	0,0	149,8	0,0	116,8	0,0	0,0	286,3	0,0	141,3	243,7	0,0	0,0	306,9	156,4	169,0	0,0	0,0	0,0	175,9	266,9	209,3	0,0	120,9	393,3
21	0,0	0,0	114,8	0,0	88,8	0,0	0,0	231,8	0,0	106,9	226,7	0,0	0,0	252,4	169,7	120,8	0,0	0,0	0,0	148,1	204,4	139,3	0,0	117,2	355,4
22	0,0	0,0	91,1	0,0	76,4	0,0	0,0	191,2	0,0	88,3	207,0	0,0	0,0	197,2	177,0	91,2	0,0	0,0	0,0	97,0	140,8	90,9	0,0	112,7	329,9
23	0,0	0,0	64,8	0,0	70,4	0,0	0,0	168,0	0,0	46,7	195,0	0,0	0,0	165,6	170,3	80,2	0,0	0,0	0,0	61,0	55,0	52,1	0,0	93,9	282,0
24	0,0	0,0	45,7	0,0	63,5	0,0	0,0	153,1	0,0	41,4	176,6	0,0	0,0	139,6	153,5	70,0	0,0	0,0	0,0	37,5	24,1	34,0	0,0	73,8	238,7
25	0,0	0,0	21,6	0,0	55,8	0,0	0,0	125,0	0,0	28,9	142,9	0,0	0,0	110,2	127,5	66,6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	7,8	0,0	55,0	167,3
26	0,0	0,0	11,1	0,0	44,2	0,0	0,0	89,4	0,0	21,5	92,7	0,0	0,0	69,7	102,6	63,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	89,2
27	0,0	0,0	3,6	0,0	24,4	0,0	0,0	36,7	0,0	9,4	54,1	0,0	0,0	38,8	52,7	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	24,6
28	0,0	0,0	-4,7	0,0	-2,3	0,0	0,0	-2,9	0,0	-2,3	4,9	0,0	0,0	5,9	4,9	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,7	-1,4