

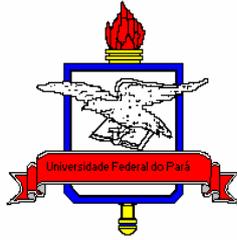
**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LÉONY LUIS LOPES NEGRÃO

**UTILIZAÇÃO DA OPÇÃO DE DIFERIMENTO NA
AVALIAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO EM
UMA EMPRESA DE CERÂMICA VERMELHA**

Belém/PA

2009.



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LÉONY LUIS LOPES NEGRÃO

**UTILIZAÇÃO DA OPÇÃO DE DIFERIMENTO NA
AVALIAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO EM
UMA EMPRESA DE CERÂMICA VERMELHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Araújo Ichihara

Belém/PA

2009.

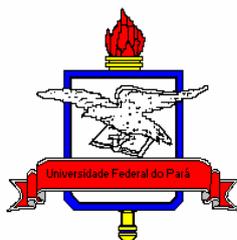
Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará, Belém/PA

Negrão, Léony Luis Lopes, 1978-

Utilização da opção de diferimento na avaliação de implantação de projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo em uma empresa de cerâmica vermelha / Léony Luis Lopes Negrão ; orientador, Jorge de Araújo Ichihara. —2008.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2009.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Cerâmica – Indústria – São Miguel do Guamá (PA). 3. Efeito estufa (Atmosfera). 4. Opções reais (Finanças). I. Título.



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LÉONY LUIS LOPES NEGRÃO

**UTILIZAÇÃO DA OPÇÃO DE DIFERIMENTO NA AVALIAÇÃO
DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE MECANISMO DE
DESENVOLVIMENTO LIMPO EM UMA EMPRESA DE
CERÂMICA VERMELHA**

Aprovado em de de 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Doutor em Engenharia de Produção

Jorge de Araújo Ichihara

Presidente e Orientador / Universidade Federal do Pará

Prof. Doutor em Geologia e Geoquímica

André Augusto Azevedo Montenegro Duarte

Universidade Federal do Pará

Prof. Doutor em Engenharia de Produção

Ivandi Silva Teixeira

Universidade Federal do Pará

Belém/PA

2009.

Dedicatória

Ao meu filho Léony Luis Lopes Negrão Filho *in*
memória.

Aos meus pais Lino e Francisca.

A minha esposa Railene.

Aos meus filhos Brendo e Emmile.

Aos meus irmãos Lédson e Lizieth.

Aos meus tios Dionízio (Santico), Almeida e
Manoel (Neco).

Agradecimentos

Ao professor Jorge de Araújo Ichihara, pela orientação e dedicação precisa e fundamental ajuda em todas as etapas de realização deste sonho.

Ao professor André Montenegro pelos momentos em sala de aula na disciplina de Engenharia Econômica que contribui para a realização deste trabalho.

À minha esposa, Railene de Fátima Teixeira Alves Negrão, presença decisiva e compreensiva em minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pelo incentivo financeiro imprescindível na realização da pesquisa.

Ao empresário que disponibilizou tempo e confiança no fornecimento de dados para a realização da pesquisa.

Ao meu amigo Marcelo Araújo pela força e ajuda na impressão de material para realização deste trabalho.

Ao meu amigo professor Harley Martins pelo incentivo.

Ao professor Manoel Maximiano pelo incentivo e oportunidade na carreira de docente.

À dona Cleide Maués, secretária do PPGEAC, por todas as informações e sugestões disponibilizadas sempre que solicitadas.

Ao companheiro de mestrado, Marco Augusto, pelos momentos de estudos e debates.

Aos meus amigos de mestrado, Cristiane Lima, Patrícia Sobrinho e Paulo Macambira, pelos momentos de estudos e descontração.

Aos professores do PPGEC.

E por fim, mas de extrema importância, a minha mãe, pelo esforço na minha educação e formação como ser humano. Obrigado mãe por todo incentivo, patrocínio e perseverança. E ao meu pai, pelo caráter e justiça com que conduziu minha educação.

Lista de Figuras

FIGURA 1.1 – Fluxograma das Atividades de Projeto de RCE	19
FIGURA 1.2 – Fluxograma das Atividades de Projeto de VER	20
FIGURA 5.1 – Modelo Binomial	51
FIGURA 8.1 – Localização Geográfica da Cerâmica Gama LTDA	76
FIGURA 8.2 – Organograma da Cerâmica Gama LTDA	77
FIGURA 8.3 – Fluxograma do processo produtivo da cerâmica Gama LTDA	78
FIGURA 8.4 – Forno em plena utilização na cerâmica Gama LTDA	79
FIGURA 8.5 – Estoque de lenha em frente a um dos fornos da cerâmica Gama LTDA	80
FIGURA 8.6 – Caroço de açaí no pátio de uma beneficiadora de polpa de açaí	82
FIGURA 8.7 – Serragem no pátio de uma indústria madeireira	83
FIGURA 8.8 – Caroço de açaí próximo ao forno na cerâmica Gama LTDA	83
FIGURA 8.9 – Serragem próxima ao forno na cerâmica Gama LTDA	84
FIGURA 8.10 – Galpão Construído na Cerâmica Gama LTDA	85
FIGURA 8.11 – Adaptação nas fornalhas dos fornos	85
FIGURA 8.12 – Automatismo de queima	86
FIGURA 8.13 – Construção do silo do automatismo de queima	86
FIGURA 8.14 – Dosadores de biomassa	87
FIGURA 8.15 – Distribuição estatística dos preços históricos da TCO _{2e}	98
FIGURA 8.16 – Resultados da simulação de Monte Carlo no mercado VER	99

Lista de Tabelas

TABELA 1.1 – Setores e Fontes de Atividades	18
TABELA 5.1 – Efeitos das Mudanças nas Variáveis sobre o Preço de uma Opção	56
TABELA 8.1 – Estimativa de redução de emissões durante o período de crédito	91
TABELA 8.2 – Prêmio de risco proposto por Schilt	94
TABELA 8.3 – Fluxo de caixa da cerâmica Gama LTDA	96
TABELA 8.4 – Resumo dos resultados da Simulação de Monte Carlo no mercado VER	99
TABELA 8.5 – Árvore binomial para o VP do projeto de €404.183,19	101
TABELA 8.6 – Árvore binomial com valor de premio da OR de €170.863,76, sendo exercida no instante 3	102
TABELA 8.7 – Árvore com os tipos de decisões, enfatizando o exercício da Opção no período 3	104

Lista de Abreviatura

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

OR – Opções Reais

TOR – Teoria de Opções Reais

CO₂ – Dióxido de Carbono

CO₂e – Dióxido de Carbono Equivalente

TCO₂e – Tonelada de Dióxido de Carbono Equivalente

VPL – Valor Presente Líquido

FC – Fluxo de Caixa

FCD – Fluxo de Caixa Descontado

VP – Valor Presente

PNUMA – Programa das Nações Unidas o Meio Ambiente

CQNUMC, em inglês UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

RCE – Reduções Certificadas de Emissões

DCP, em inglês PDD – Documento de Concepção do Projeto

AND – Autoridade Nacional Designada

CIMGC – Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

VER – Verificação de Emissões Reduzidas

EOD – Entidade Operacional Designada

GEE – Gases de Efeito Estufa

MBRE – Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões

ONU – Organização das Nações Unidas

WMO – Organização Meteorológica Mundial

IPCC – Painel Intergovernamental para Mudanças no Clima

COP, em inglês MOP – Conferência da Partes

CIE – Comércio Internacional de Emissões

IC – Implementação Conjunta

UER – Unidades de Emissões Reduzidas

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

WACC – Custo Médio Ponderado de Capital

CAPM – Modelo de Formação de Preço de Ativos de Capital

MGB – Movimento Geométrico Browniano

MAD – Negação do Ativo Negociado

VCI – Voluntary Carbon Index

AHP – Método de Análise Hierárquica

SUMÁRIO

1	Introdução	17
1.1	Justificativa	26
1.2	O Problema	32
1.3	Hipóteses	33
1.4	Categorias Básicas	34
1.5	Objetivos	35
2	O Protocolo de Quioto	36
2.1	Comércio de Emissões	38
2.1.1	Comércio Internacional de Emissões (CIE)	39
2.1.2	Implementação Conjunta (IC)	39
2.1.3	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	40
3	Modelo de Avaliação sem Risco	42
3.1	Valor Presente Líquido – VPL	42
4	Modelos de Avaliação com Risco	45
4.1	Fluxo de Caixa Descontado	45
4.1.1	Abordagem da Taxa de Desconto Ajustada	46
4.1.1.1	O Custo Médio Ponderado de Capital (WACC)	47
4.1.1.2	Modelo de Formação de Preço de Ativos de Capital (CAPM)	48
4.1.2	Abordagem da Taxa de Desconto Neutra ao Risco	50
5	Modelos de Precificação de Opções	52
5.1	Processos Estocásticos	53
5.1.1	Propriedade de Markov	54
5.1.2	Processo de Wiener ou Movimento Browniano	54
5.1.2.1	Movimento Browniano Generalizado ou Processo de Itô	56
5.1.2.2	Movimento Geométrico Browniano (MGB)	56
5.2	Modelo Binomial	57
5.3	Simulação de Monte Carlo	59
6	Opções Reais	60
6.1	A Abordagem de Opções Reais	60

6.2	Principais Tipos de Opções Reais	62
6.2.1	Opções de Diferimento ou de Adiar o Investimento	62
6.2.2	Opção de Expandir	64
6.2.3	Opção de Contrair	64
6.2.4	Opção de Suspender Temporariamente	65
6.2.5	Opção de Abandono ou Troca de Uso	65
6.2.6	Opções Compostas	65
7	O Método de Solução Proposto	67
7.1	Premissas do Método	67
7.2	Etapas do Método de Solução Proposto	68
7.2.1	Estudo de Caso	68
8	O Estudo de Caso	72
8.1	Tipo de Estudo	72
8.1.1	Estudo de Caso	73
8.2	Campo de Observação da Pesquisa	73
8.2.1	A Ótica Geográfica	73
8.2.2	A Ótica da Empresa	74
8.3	Coleta de Dados	74
8.3.1	Entrevistas	74
8.3.2	Pesquisa Documental ou de Fonte Primária	75
8.3.3	Pesquisa Bibliográfica ou de Fonte Secundária	75
8.4	Caracterização da Empresa	76
8.5	O Processo Produtivo antes da Implantação do MDL	78
8.6	Implantação do MDL na Cerâmica Gama LTDA	81
8.7	Aplicação do Método de Solução Proposto	88
8.7.1	Premissas de Aplicação do Método	88
8.7.2	Aplicação das Seis Etapas do Método de Solução Proposto	90
8.7.2.1	Definição do Fluxo de Caixa Líquido	90
8.7.2.2	Cálculo do Custo de Capital da Empresa	92
8.7.2.3	Cálculo do Valor Presente sem Flexibilidade	94
8.7.2.4	Cálculo da Volatilidade Consolidada do Projeto	97
8.7.2.5	Modelagem da Árvore Binomial	100
8.7.2.6	Cálculo da Opção de Diferimento no Projeto e Modelagem da Árvore com a Opção	101

	14
8.8 Resultados	103
8.9 Limitações da Pesquisa	105
9 Conclusões e Sugestões	106
Referências	110
Anexos	117

RESUMO

Negrão, Léony Luis Lopes. Utilização da Opção de Diferimento na Avaliação de Implantação de Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo em uma Empresa de Cerâmica Vermelha. Belém, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, 2009 121 p. Dissertação.

A evolução da teoria de precificação de opções considera um conjunto de ferramentas necessárias para gerenciar e explorar o valor advindo da incerteza e da volatilidade que ampliam os parâmetros da geração de valor ao acrescentarem os conceitos de flexibilidade gerencial. Dentro deste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar economicamente a implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo em uma empresa de cerâmica vermelha localizada no Arranjo Produtivo de São Miguel do Guamá, nordeste do Pará. A avaliação pretendeu demonstrar o valor da flexibilidade gerencial de Diferimento conforme adaptações realizadas na metodologia proposta por Copeland & Antikarov (2001), a qual adiciona à avaliação tradicional de fluxo de caixa descontado a Opção Real – OR – que a pesquisa considerou; e que fundamentou-se por meio de revisão de literatura para formulação do método. Essa determinação seguiu um roteiro de etapas essenciais para a análise das variáveis que compreendem o modelo e que possibilitou a ordenação dos resultados quanto aos valores da OR considerada e do valor presente incluindo a flexibilidade gerencial; com a aplicação do método na empresa objeto da pesquisa. Finalmente, como resultado deste estudo conclui-se que a Teoria de Opções Reais por meio da Opção de Diferimento ou Adiamento contribui com informações que auxiliam nas decisões gerenciais de investimento em projetos quando comparados à metodologia tradicional de avaliação visto que são consideradas incertezas inerentes ao projeto, tal como o ambiente real.

Palavras-Chave: Cerâmica, Opções Reais, MDL

ABSTRACT

Negrão, Léony Luis Lopes. Use of the Option Deferral Assessment Deployment Project Clean Development Mechanism in a Company of Red Ceramics. Bethlehem, Department of Civil Engineering, Federal University of Pará, 2009 121 p. Dissertation.

The evolution of the theory of option pricing considers a set of tools to manage and exploit the value arising from the uncertainty and volatility that expand the parameters of the value-adding to the concepts of managerial flexibility. Within this context, this study was to evaluate the implementation of economically Clean Development Mechanism in a red ceramic company located in Production Arrangement of Bindure, northeastern Para The evaluation aims to demonstrate the value of managerial flexibility of Deferral adjustments made according to the methodology proposed by Copeland & Antikarov (2001), which adds to the traditional evaluation of the discounted cash flow Real Option – OR – that the research found, and it is based by means of literature review to formulate the method. This follows a determination of the essential steps for the analysis of the variables that comprise the model, and has allowed the ordering of the results for the values of the OR considered including value present and managerial flexibility, with the method the company object of research. Finally, as a result of this study concluded that the Theory of Real Options through Option Deferral or Postponement contribute information to assist in management decisions to invest in projects when compared to traditional methods of evaluation are considered as uncertainties inherent in the project as the real environment.

Keywords: Ceramics, Real Options, MDL

1 INTRODUÇÃO

Os créditos de carbono surgiram nos países desenvolvidos como meio de inibir a produção de poluentes. A legislação daqueles países estabeleceu níveis máximos de emissões de certos gases e aqueles que conseguissem manter o volume de emissões abaixo do estabelecido tinham direito a títulos de créditos equivalentes à porção reduzida, os quais podiam ser vendidos àqueles que não tiveram o mesmo sucesso, e que não deveriam infringir as regras. Assim os que realizaram investimentos para melhorar a qualidade de seus processos operacionais teriam uma recompensa e, por outro lado, aqueles que não o fizeram ou não o fizeram em montante suficiente teriam que pagar pela poluição produzida. Com o advento do Protocolo de Quioto, esse mecanismo foi aperfeiçoado e adotado (RIBEIRO, 2005).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano realizada em 1972, em Estocolmo, na Suécia, foi o marco da união de esforços para discutir o meio ambiente global e as necessidades de desenvolvimento. Representantes oficiais de 113 países selaram compromissos pela preservação e respeito ao meio ecológico e ao direito das gerações futuras, reconhecendo-se a responsabilidade comum sobre a preservação do planeta. Inseria-se pela primeira vez, a questão ambiental como elemento condicionador e limitador do desenvolvimento econômico no âmbito internacional. Essa conferência teve, entre seus produtos: a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA – (RIBEIRO, 2005).

Em 1982, o PNUMA organizou uma nova conferência em Nairóbi, no Quênia, para avaliar as medidas empreendidas, ocasião em que surgiu a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento e que, em 1987 apresentou o Relatório Nosso Futuro Comum. Esse relatório condenava o modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados, destacando a incompatibilidade entre os padrões de produção e consumo, a necessidade de uso racional dos recursos naturais e os limites do ecossistema. Esse documento formalizou o conceito de desenvolvimento sustentável – aquele que atende às necessidades das gerações atuais sem comprometer os direitos das gerações futuras (RIBEIRO, 2005).

Dez anos depois o PNUMA organizou uma nova reunião, denominadas Rio 92, Eco 92 e Cúpula da Terra. Entre seus principais produtos estão, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC – cuja ratificação, aceitação, aprovação ou adesão foi feita por 185 países mais a União Européia, estabeleceu um regime jurídico internacional para atingir o objetivo principal de alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Embora não defina a forma de atingir esse objetivo, a CQNUMC estabelece mecanismos que dão continuidade ao processo de negociação em torno dos instrumentos necessários para que esse objetivo seja alcançado. Em seqüência à CQNUMC e observados seus princípios, foi adotado em dezembro de 1997, o Protocolo de Quioto (LOPES, 2002).

O Protocolo, firmado para atingir o objetivo primordial da CQNUMC, estabelece metas para que as emissões antrópicas sejam reduzidas em 5,0%, na média, com relação aos níveis verificados no ano de 1990. Essas metas são diferenciadas entre as Partes, em consonância com o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, adotado pela CQNUMC e deverão ser atingidos no período compreendido entre 2008 e 2012 primeiro período de compromisso. As citadas metas foram atribuídas exclusivamente às Partes relacionadas no Anexo I da Convenção, as chamadas Partes Anexo I, que assumiram certo número de compromissos exclusivos em função de suas responsabilidades históricas. Às Partes Anexo I coube a iniciativa de modificação da tendência de longo prazo das emissões antrópicas e a volta aos níveis de 1990, ainda, como complementação, o estabelecimento de mecanismos adicionais de implementação permitindo que a redução das emissões e/ou o aumento da remoção de CO₂ pelas Partes Anexo I sejam, em parte, obtidos além de suas fronteiras nacionais. Os países que não possuem meta de redução são, em geral, países em desenvolvimento chamados Partes Não Anexo I (LOPES, 2002).

O Protocolo de Quioto consiste na possibilidade de utilização de mecanismos de mercado para que os países desenvolvidos possam atingir os objetivos de redução de gases de efeito estufa. No caso do Brasil, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – é o único organismo que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento. O MDL permite a certificação de projetos de redução de emissões

nos países em desenvolvimento e a posterior venda das reduções certificadas de emissão, para serem utilizadas pelos países desenvolvidos como modo suplementar para cumprirem suas metas (MDIC, 2008).

O propósito do MDL é prestar assistência às Partes Não Anexo I da CQNUMC para que viabilizem o desenvolvimento sustentável através da implementação da respectiva atividade de projeto e contribuam para o objetivo final da Convenção e, por outro lado, prestar assistência às Partes Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE. Podem participar de uma atividade de projeto do MDL as chamadas Partes Anexo I, Partes Não Anexo I ou entidades públicas e privadas dessas Partes, desde que por elas devidamente autorizadas (LOPES, 2002).

O objetivo final de mitigação de gases de efeito estufa é atingido através da implementação de atividades de projeto nos países em desenvolvimento que resultem na redução da emissão de gases de efeito estufa ou no aumento da remoção de CO₂, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outras. Para efeitos do MDL, entende-se por atividades de projeto (*project activities*) as atividades integrantes de um empreendimento que tenham por objeto a redução de emissões de gases de efeito estufa e/ou a remoção de CO₂ (LOPES, 2002).

Para que sejam consideradas elegíveis no âmbito do MDL, as atividades de projeto devem contribuir para o objetivo primordial da Convenção e observar alguns critérios fundamentais, entre os quais o da adicionalidade, pelo qual uma atividade de projeto deve, comprovadamente, resultar na redução de emissões de GEE e/ou remoção de CO₂, adicional ao que ocorreria na ausência da atividade de projeto do MDL. As quantidades relativas a reduções de emissão e/ou remoções de CO₂ atribuídas a uma atividade de projeto resultam em Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), medidas em tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente. O setor privado tem grande oportunidade de participação, pois o potencial para reduzir emissões nesse setor é significativo (LOPES, 2002).

As atividades de projeto devem estar exclusivamente relacionadas a determinados tipos de gases de efeito estufa e aos setores/fontes de atividades responsáveis pela maior parte das emissões, conforme previsto no Anexo A do Protocolo de Quioto, apresenta os nomes dos gases que devem ser objeto de redução ou remoção (RIBEIRO, 2005). Veja Tabela 1.1 a seguir.

São considerados GEE segundo o Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆) (UNFCCC, 2005).

TABELA 1.1: Setores e fontes de atividades
REDUÇÃO DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Energia	Processos Industriais	Agricultura	Resíduos
CO ₂ – CH ₄ – N ₂ O	CO ₂ – N ₂ O – HFCs – PFCs – SF ₆	CH ₄ – N ₂ O	CH ₄
Queima de Combustível	- Produtos minerais	- Fermentação entérica	- Disposição de resíduos sólidos
- Setor energético	- Indústria química	- Tratamento de dejetos	- Tratamento de esgoto sanitário
- Indústria de transformação	- Produção de metais	- Queimadas prescritas de cerrados	- Tratamento de efluentes líquidos
- Indústria de Construção	- Produção e consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre	- Queimadas de resíduos agrícolas	- Incineração de resíduos
- Transporte	- Uso de solventes	- Cultivo de arroz	
- Outros setores	- Outros	- Solos agrícolas	
Emissões fugitivas de combustível			
- Combustíveis sólidos			
- Petróleo e gás natural			

Fonte: Adaptado de O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação.

Para os países em desenvolvimento, como o Brasil, o estímulo proveniente desse mercado se concentrará nas atividades de projeto elegíveis e realizadas no âmbito do MDL.

Para que um projeto resulte em reduções certificadas de emissões – RCEs –, as atividades de projeto do MDL devem, necessariamente, passar pelas etapas do ciclo do projeto, que são oito: estudo de viabilidade; elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto); aprovação pela Autoridade Nacional Designada – AND –, que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC – (verifica a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável); submissão ao Conselho Executivo para registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão de unidades segundo o acordo de projeto (MERLIN, 2007).

A figura 1.1 apresenta o fluxograma das atividades de projeto segundo o Protocolo de Quioto.

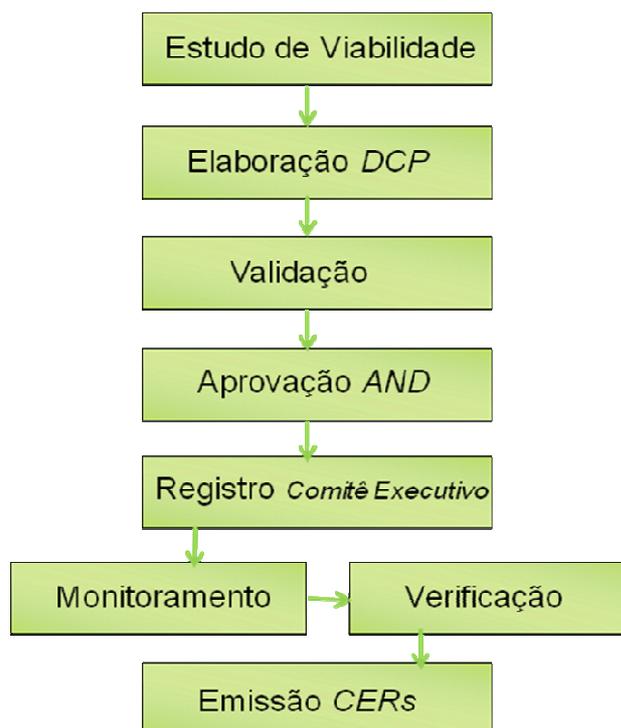


FIGURA 1.1 – Fluxograma das Atividades de Projeto de RCE
Fonte: Merlin (2007)

Já para um projeto que resulte em reduções verificadas de emissões – VER –, mercado paralelo criado pelos Estados Unidos para participar do mercado de carbono, visto que o mesmo não assinou o Protocolo de Quioto; as atividades de projeto passa pelas seguintes etapas do ciclo do projeto, que são seis: estudo de viabilidade;

elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto); monitoramento; verificação; e emissão de unidades segundo o acordo de projeto (MERLIN, 2007). A figura 1. 2 ilustra tais etapas.

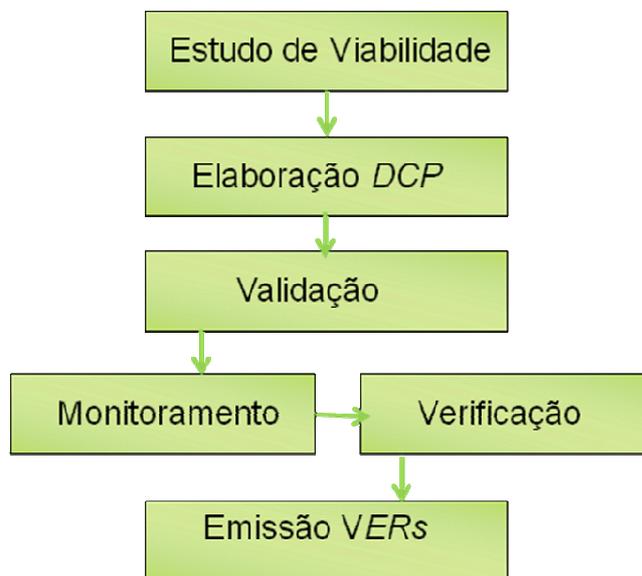


FIGURA 1.2 – Fluxograma das Atividades de Projeto de VER
Fonte: Merlin (2007)

Uma atividade de projeto entra no sistema do MDL quando o seu documento de concepção de projeto (DCP) correspondente é submetido para validação a uma Entidade Operacional Designada (EOD). Ao completar o ciclo de validação, aprovação e registro, a atividade registrada torna-se efetivamente uma atividade de projeto no âmbito do MDL. Em 6 de março de 2008, um total de 3101 projetos encontrava-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL, sendo 891 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 2.210 em outras fases do ciclo (MDIC, 2008).

No cenário global, o Brasil ocupa a terceira posição entre os países com maiores reduções anuais de emissões de gases de efeito estufa, com uma redução de 37.377.311 de $\text{TCO}_2\text{e/ano}$, o que é igual a 7% do total mundial. Em primeiro lugar, encontra-se a China, com 283.435.731 de $\text{TCO}_2\text{e/ano}$ (52%), e, em segundo, a Índia, com redução de 103.866.348 de $\text{TCO}_2\text{e/ano}$, o que corresponde a quase 19% do total mundial (MDIC, 2008).

O maior número de projetos brasileiros é desenvolvido na área de geração elétrica e suinocultura, os quais representam a maioria das atividades de projeto (77%). Os escopos que mais reduzirão toneladas de CO₂ e são os de aterro sanitário, geração elétrica e os de redução de N₂O, totalizando 237.539.238 de TCO₂ e a serem reduzidas no primeiro período de obtenção de créditos, o que representa 86% do total de redução de emissões das atividades de projeto brasileiras. A indústria manufatureira ocupa a quarta posição em número de projeto e a quinta em relação a redução anual de emissões (MDIC, 2008).

Atualmente, as transações com créditos de carbono nos mercados já existentes foram de U\$ 13 bilhões, em 2007. A expectativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior é que, em prazo relativamente curto, esse mercado no Brasil chegue a U\$ 2 ou 3 bilhões (BM&F, 2007).

Esse crescente mercado de carbono demanda de desenvolvimento e aprimoramento de algumas áreas do conhecimento como alicerce para que os objetivos sejam atingidos. Assim aconteceu com outros segmentos empresariais, como por exemplo, o mercado de exploração e produção de petróleo.

Nesse cenário, muitos trabalhos científicos trouxeram e estão buscando respostas aos problemas de ordem econômica e operacional, o que pode ser voltado, também, ao mercado de carbono como forma de avaliar a efetividade de projetos com o intento de gerar e comercializar créditos de carbono, disponibilizando aos tomadores de decisão informações precisas e confiáveis não só em termos operacionais e ambientais mais de ordem econômica que contemple a sustentabilidade do empreendimento.

Sob a perspectiva de criação de valor, as empresas têm direcionado seus recursos para projetos cujo valor presente dos fluxos de caixa futuros seja superior ao orçamento de capital necessário para sua implementação. Assim, quase sempre a decisão de se investir em um projeto está baseada em seu valor presente líquido, ou seja, no resultado da equação entre os benefícios que serão gerados, líquidos dos desembolsos de capital necessários (PORTUGAL, 2007).

Essa abordagem permite, porém, uma única fonte de incerteza e então não há opção. Todavia, nos últimos quinze anos, o método do valor presente líquido – VPL – tem sido criticado no meio acadêmico, uma vez que não captura eventuais impactos decorrentes de um espectro de riscos envolvidos no processo decisório de investimentos, como por exemplo, os riscos, econômico, operacional, político, ambiental, entre outros.

A abordagem da teoria das Opções Financeiras é então expandida para a avaliação que compreenda diversas incertezas, que permita múltiplas opções e que esteja associado ao ativo real, sendo então aplicada a opções reais. A terminologia Opções Reais – OR – foi utilizada por se tratar de avaliação de opções relacionadas a ativos reais, enquanto que Opções, isoladamente, representam ativos financeiros (PORTUGAL, 2007; MAGALHÃES JR., 2006).

A redução dessas incertezas está associada à tomada de decisão dos administradores no curso dos negócios e à seleção de opções estratégicas ao longo do tempo. Dessa forma, é necessário que a administração possa flexibilizar suas decisões de acordo com os movimentos dos mercados, ou seja, a partir da obtenção de novas informações que produzam impacto na gestão de um determinado ativo (PORTUGAL, 2007).

Conforme Copeland e Antikarov (2001), “o Valor Presente Líquido – VPL – pressupõe implicitamente que não há flexibilidade na tomada de decisões.” Essa afirmação está fundamentada no fato de que o método do Fluxo de Caixa Descontado – FCD – é aplicado em um determinado momento do tempo, quando todos os fluxos de caixa relacionados ao projeto são definidos e mantidos fixos ao longo de toda a vida útil do projeto. Assim, não são incorporados os valores das novas decisões tomadas *a posteriori* à sua mensuração no instante “zero”. Ainda segundo Copeland e Antikarov (2001), as primeiras avaliações financeiras de opções foram realizadas na década de 70 por Merton, Fisher e Scholes e evidenciadas em um trabalho acadêmico, laureado com o Prêmio Nobel. O trabalho consistia na aplicação de modelos matemáticos sofisticados para fins de determinação do valor de títulos financeiros.

Dias (2004) observa que a abordagem das OR é uma ferramenta para avaliação de projetos sob incerteza. Dixit e Pindyck (1998) afirmam que, analogamente às Opções Financeiras, para as OR a oportunidade de investir é uma opção de compra, assim como a oportunidade de desinvestimento é uma opção de venda. Ainda segundo Dixit & Pindyck (1998), o exercício ótimo da OR ocorre quando o VPL obtido é grande o suficiente frente aos custos por esperar por mais informações. Brandão (2002) acrescenta que para determinado projeto possuir valor para OR, deve embutir três características: o investimento necessário deverá ser total ou parcialmente irreversível, ter flexibilidade que admita adiamento, suspensão, ampliação e abandono, e, também, que os Fluxos de Caixas futuros sejam incertos.

Os primeiros estudos relacionados à aplicação das Opções Reais datam da década de 1980, mas foi somente na década de 1990 que se passou a utilizar modelos computacionais mais robustos para valorar essas Opções. Esses estudos demonstram que a aplicação dessa metodologia está fortemente relacionada à existência de três principais fatores: a incerteza, a irreversibilidade do investimento e à flexibilidade gerencial (PORTUGAL, 2007).

A avaliação da implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo em empresas de cerâmica vermelha para geração e comercialização de créditos de carbono como incentivos para os investimentos necessários à empresa, apresentará alternativas mais realistas ao tomador de decisão quando mensurada o valor da flexibilidade gerencial de diferimento por meio da teoria de opções reais para então optar por uma ou outra escolha.

1.1 Justificativa

O mundo globalizado, o avanço tecnológico, a dinâmica do processo de comunicação entre as várias partes do mundo e a relevante quantidade de empresas que encerram suas atividades repentinamente, entre outros fatores, fazem com que a transferência dos atos e fatos ocorridos em cada organização seja a melhor e a mais ágil possível (RIBEIRO, 2005).

Os investimentos para a implantação de projetos capazes de eliminar o excesso de carbono na atmosfera e outros gases semelhantes, ou mesmo para a sua redução, são de montantes bastantes expressivos e podem comprometer a situação patrimonial dos que estão aplicando, bem como dos que estão concedendo os recursos para aplicação (RIBEIRO, 2005).

Por não pertencer ao grupo de países do Anexo I, o Brasil está dispensado de reduzir suas emissões de GEE. Ao mesmo tempo, o país reúne condições extremamente favoráveis para a implementação de projetos de MDL, como por exemplo:

- ✓ O uso de biocombustíveis como o etanol e o biodiesel;
- ✓ O aproveitamento do bagaço de cana e de resíduo de madeira como combustível para as caldeiras no refino do açúcar e na industrialização de produtos florestais, respectivamente, substituindo o diesel, e do vinhoto, rejeito da produção do álcool que outrora poluía rios, como fertilizantes em substituição aos fertilizantes químicos;
- ✓ Potencial ainda não totalmente explorado de uso das energias, solar e eólica;
- ✓ O Brasil possui 40% de sua energia proveniente de fontes renováveis, frente a uma média mundial de 14% e, entre os países industrializados, de 6%;
- ✓ A ainda enorme cobertura vegetal de floresta nativa e as maiores produtividades florestais do mundo.

Ressalta-se que das 16 metodologias já aprovadas em projetos propostos por países em desenvolvimento para participar do comércio de RCEs, 5 foram apresentadas por empresas do Brasil, que é considerado o país de maior potencial na América Latina. Além disso, o primeiro projeto aprovado no mundo para registro nesse

mercado é brasileiro. Trata-se da Nova Gerar, *joint-venture* da S.A. Paulista com a EcoSecurities, que usa gás produzido por aterro sanitário para gerar energia (BARAN, 2005).

Dentre os tipos de projeto MDL supracitados, no segundo se enquadra a substituição da madeira nativa de origem não renovável por biomassa renovável como insumo no processo produtivo de indústria de manufatura.

A atribuição de valor aos resultados dos esforços de redução das emissões ou remoções de GEEs da atmosfera gerou um novo produto de grande aceitação no mercado e constitui-se em uma forma de captação de recursos (RIBEIRO, 2005).

Segue exemplos de programas que se antecederam à vigência do Protocolo de Quioto (FAIRBAIRN, 2003):

- ✓ *Erupt (emission redction units purchase tender)* é um programa do governo holandês que visa estimular a realização de projetos de implementação conjunta. Onze projetos em 2000 e 2001 consumiram um bilhão de euros;
- ✓ Fundo Protótipo de Carbono com US\$ 180 milhões;
- ✓ Estrutura do comércio de emissões é um programa da Comunidade Européia, que estabeleceu um mercado voluntário de licenças de emissões de GEEs e do controle das emissões, do qual participavam trinta e quatro companhias.

Rocha (2003) menciona os mesmos exemplos e acrescenta, ainda, a *Chicago Climate Exchange* e o *BioCarbon Fund*, do Banco Mundial.

O Governo da Itália anunciou, em janeiro de 2004, que compraria até 18 milhões de toneladas de carbono de empresas brasileiras, até 2012, o que seria equivalente a uma receita de US\$ 60 milhões. O projeto envolve sete usinas de cana de açúcar de São Paulo, uma de Mato Grosso, duas empresas de tratamento de resíduos e, ainda, uma reflorestadora. Além de investir na aquisição de créditos de carbono, o governo italiano quer estabelecer convênio para a transferência de tecnologia na área de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (ICLEI, 2008).

Em Santiago do Chile o transporte é responsável pela emissão de 33% dos gases que provocam o efeito estufa. Foi feita uma reestruturação da malha viária e da forma de operação dos serviços, de forma que se evitou a superposição de percursos. Estima-se que os ganhos decorrentes desse projeto sejam da ordem de US\$ 2,9 milhões por ano e que as reduções de CO₂, no período de 2006 a 2015, sejam de 3.664.778 toneladas por ano (GIESEN, 2008).

Na Cidade do México, o governo propôs a implantação de um sistema de corredores de transporte público com circulação em faixas exclusivas e de alta capacidade, no centro ou nas laterais da avenida. Com ônibus maiores, espera-se transportar mais pessoas e produzir menos CO₂ e, em menor tempo, oitenta ônibus articulados e com capacidade para 160 passageiros substituirão 256 microônibus e ônibus normais. O projeto pretende reduzir 100.000 toneladas de dióxido de carbono equivalente por ano, com os quais se espera obter de 3 a 5 milhões de dólares (VASQUEZ, 2008).

No Brasil se criou o Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE), iniciativa conjunta da BM&F e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), que objetiva desenvolver sistema eficiente de negociação de certificados ambientais, em linha com os princípios subjacentes ao Protocolo de Quioto. Mais precisamente, a iniciativa BM&F/MDIC consiste em criar no Brasil as bases de mercado ativo para créditos de carbono que venha a constituir referência para os participantes em todo o mundo. (BM&F, 2007).

A BM&F e a Prefeitura de São Paulo realizaram a liquidação financeira do primeiro leilão de venda dos créditos de carbono de titularidade do município. A operação de venda dos créditos de carbono, realizada em 26 de setembro de 2007 na plataforma eletrônica de leilões da BM&F, resultou no leilão de 808.450 tCO₂e, gerados pelo Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia, nos termos do MDL. Esses papéis foram disputados por 14 participantes, tendo sido vendidos ao banco europeu Fortis Bank N.V/SA por €16,20 por tonelada, totalizando €13,09 milhões (aproximadamente R\$33 milhões) (BM&F, 2008).

O Banco BM&F S.A. foi responsável pelos procedimentos relativos à liquidação financeira e o Banco do Brasil atuou como confirmador das garantias apresentadas pelo comprador em Londres, tratando também da operação de câmbio de euros para reais (BM&F, 2008).

Diferentemente de outros mercados operados pela BM&F, a liquidação física da operação (isto é, entrega dos créditos de carbono vendidos) não ocorreu na Bolsa, mas sim na conta do comprador no Sistema de Registro do MDL, administrado pelo Secretariado da ONU, na Alemanha (BM&F, 2008).

Considerando o êxito da operação de venda dos créditos, e no aguardo da conclusão dos procedimentos de emissão de novos certificados pela ONU, a Prefeitura de São Paulo já está estudando a possibilidade de realizar um segundo leilão na BM&F (BM&F, 2008).

Em pesquisa realizada recentemente pela Price Water House Coopers, solicitada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, ressalta que 72% das empresas conhecem o MDL, que realizam ou pretendem realizar projetos MDL, 79%. Para essas empresas, as principais aplicações da renda advinda dos projetos de MDL são a viabilização de projetos de investimentos (58%) e a mitigação de riscos (25%). Quanto ao impacto da mudança global do clima no seu futuro, 46% das empresas consultadas consideram os impactos relevantes, enquanto 44% consideram o tema estratégico. 75% afirmam que é relevante ou estratégico o mercado de carbono para o futuro de suas empresas (MDIC, 2006).

Existem atualmente diversas iniciativas regionais para consolidar o mercado de redução de emissão de CO₂ equivalente e, haja vista as suas vantagens competitivas, o Brasil tem todas as condições necessárias para crescer dentro desse novo mercado e com isso promover seu desenvolvimento econômico de maneira sustentável.

Ao analisar a realidade das empresas cerâmicas do município de São Miguel do Guamá, nordeste do Estado do Pará, percebe-se que o sistema de administração tradicional não responde mais à necessidade imposta pelo mercado atual. Isto se deve

a aceleração da velocidade da informação, que fez crescer a concorrência nos últimos anos. Assim as empresas que quiserem manter-se no mercado, atendendo às expectativas dos consumidores, precisam rever suas metodologias de desenvolvimento de produtos, processo e de gestão destes.

Ainda sobre os resultados da pesquisa feita pela Price Water House Coopers, em que apresenta os números de projetos de MDL por estado, pode-se constatar a participação do Estado do Pará na décima quarta posição com projetos nas etapas de elaboração do DCP, validação e monitoramento (MDIC, 2006; MERLIN, 2007). Entretanto, conforme os segmentos industriais presentes no Estado, dispõe de potencial para crescer dentre as atividades de projetos nos termos do MDL e do Protocolo de Quioto.

O segmento de cerâmica industrial de diversos estados do Brasil está implantando o MDL. O que já é uma realidade vivenciada pelo Estado do Tocantins, por meio da comercialização de 12.500 tCO₂e, gerando uma receita de R\$ 184.140,00 para o ano de 2007; comercializados no mercado Verificação de Emissões Reduzidas – VER – (EVANGELISTA, 2007).

O Estado do Pará dispõem do maior pólo cerâmico industrial da região Norte do País, localizado no município de São Miguel do Guamá a 140 km da capital paraense (SEBRAE, 2004). Com o total de 31 cerâmicas, o aglomerado se torna o maior pólo em função do volume de produtos fabricados, em torno de 27 milhões de produtos mensais entre blocos de vedação, blocos estruturais, bloco de laje e telhas. Emprega-se diretamente, em média, 44 funcionários por empresa se tornando a maior fonte econômica do município (SEBRAE, 2005).

O segmento de cerâmica industrial, considerado milenar, vem passando por diversas mudanças operacionais de incremento de seu processo produtivo, apesar desse desenvolvimento a incidência de mão de obra direta ainda é presente, tornando importante na geração de emprego e renda no contexto social de um município e até mesmo para o Estado.

No município de São Miguel do Guamá, onde localiza-se a empresa objeto deste projeto de pesquisa, o setor cerâmico é o principal responsável pela economia local impulsionando principalmente o comércio girando o recurso financeiro internamente e atraindo alguns prestadores de serviços especializados para atendimento de demandas das cerâmicas e até de outros setores empresariais locais. É o caso do Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa do Pará – SEBRAE/PA –, que, por meio de solicitação do Sindicato da Indústria da Construção e do Mobiliário de São Miguel do Guamá e Região – SICOM –, entidade que representa as empresas cerâmicas do município, instalou um escritório para prestação de serviços especializados atendendo necessidades tanto da indústria como do comércio.

O projeto de MDL está sendo implantado em nove empresas cerâmicas do município de São Miguel do Guamá e uma empresa no município de Santa Izabel com o auxílio de uma empresa especializada em projetos de MDL e mudanças climáticas. Entre as dez cerâmicas, quatro estão na etapa de monitoramento do Documento de Concepção do Projeto – DCP – para obtenção do Certificado de Emissão Reduzida – CER – ou Redução Certificada de Emissão – RCE –; documento utilizado na formalização da troca (venda) dos créditos de carbono equivalentes.

Apesar da necessidade de realização de investimentos fixos para a adequação do processo de acordo com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, espera-se que em um curto espaço de tempo os investimentos poderão ser absorvidos pelos resultados positivos na produção, tornando a empresa mais competitiva e preparada para as mudanças e exigências do mercado.

A pesquisa constituirá na aplicação da teoria de opções reais para subsidiar o empresário, que se dispões para a realização no fornecimento de dados para realização do estudo, no processo de decisão de implantação ou não de projetos de MDL. Apesar de todas as vantagens supracitadas para alguns segmentos empresariais que já estão usufruindo de benefícios financeiros e econômicos proporcionados pelos créditos de carbono; e devido a utilização dos métodos tradicionais de avaliação de projetos aplicado pelas empresas cerâmicas, a Teoria de Opções Reais se apresenta com fundamental importância na geração de informações que retrate a realidade dos mercados de crédito de carbono e do setor empresarial em

questão no decorrer de todo o ciclo de vida do projeto mensurando as opções potenciais de serem adotadas.

O estudo será realizado em uma empresa do Arranjo Produtivo Local de São Miguel do Guamá concentrado os impactos das opções reais na viabilidade de implantação do projeto de MDL apenas na referida empresa.

A escolha da Teoria de Opções Reais para delinear um modelo de avaliação de implantação do projeto de MDL no setor cerâmico industrial ocorreu pelo fato dessa filosofia apresentar bases de sustentação que atende alguns requisitos peculiares ao objeto de estudo que se pretende trabalhar. As derivações para valoração das opções de tomada de decisão preenchem as lacunas do método tradicional de avaliação de projetos respondendo aos anseios dos empresários e conseqüentemente ao objeto de estudo.

1.2 O Problema

O uso abundante de recursos naturais não renováveis nas indústrias de cerâmicas vermelhas do pólo produtivo de São Miguel do Guamá vem se configurando diferenciadamente ao já familiarizado pelos empresários e por outros atores do setor. As preocupações quanto aos impactos ambientais e a degradação da Amazônia acabam tendo repercussões internacionais, o que direciona as indústrias a um foco ainda não comum ao meio em que está inserido; que no conceito ambiental, não há separação de meio, pois as conseqüências dos impactos ambientais transpõem fronteiras; mas que precisam buscar alternativas institucionais que possam assegurar condições de sustentabilidade.

Entre as fases do processo produtivo das empresas de cerâmica vermelha, se evidenciam o uso de lenhas, oriundas da floresta nativa ou dos resíduos das indústrias madeireiras, como combustível a ser empregado nos fornos das cerâmicas para cozimento dos produtos fabricados. A geração e disponibilização desordenada desse insumo sempre sofreram questionamentos quanto a legalidade de sua origem e

disponibilidade para gerações futuras – insumos não renováveis –, e quanto a identificação de outros materiais – insumos renováveis – que possam substituir aquele.

A identificação e utilização de fontes energéticas alternativas para utilização nos fornos das cerâmicas, orientadas por meio de uma metodologia formal como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – foi uma solução vislumbrada pelos empresários para contribuir com a sustentabilidade da empresa.

Portanto a pesquisa de mestrado pode ser enunciada por meio da seguinte pergunta: Como desenvolver um método para determinar o momento ideal para investir na implantação de projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo em empresas de cerâmica vermelha?

1.3 Hipóteses

A implantação do MDL em empresas de cerâmica vermelha do Arranjo Produtivo Local de São Miguel do Guamá, Nordeste do Pará possibilita a geração de créditos de carbono por meio de metodologia formal de substituição da matriz energética usada no processo produtivo dessas empresas.

A Teoria de Opções Reais é interessante para o problema de análise econômico-financeira, diante dos métodos utilizados para cálculo dos fluxos de caixa líquido futuros esperados, gerados com a venda dos créditos de carbono.

A Teoria de Opções Reais se apresenta como a técnica que proporciona resultados de avaliação condizentes com o objeto em estudo quando comparada com os resultados obtidos com a aplicação do método do Valor Presente Líquido – VPL – ou a qualquer outro método equivalente, considerando que aquela precifica o valor das opções de decisões gerenciais (flexibilidade de diferimento ou adiamento), acrescentando ao VPL tradicional ou sem flexibilidade.

1.4 Categorias Básicas

Para a investigação do tema, a partir das hipóteses apresentadas, foram inicialmente ordenadas três categorias básicas principais que nortearão o trabalho. Porém, outras poderão surgir no desenvolvimento da pesquisa. Essas categorias são as que seguem:

1.4.1 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: É a aplicação de medidas estruturais e não estruturais para controle das emissões de poluentes na atmosfera, atendendo aos objetivos ambientais e organizacionais.

1.4.2 Créditos de Carbono: É o resultado da aplicação, entre outros, do mecanismo de desenvolvimento limpo o qual contabilizará a redução de algumas unidades de emissões de gases poluentes na atmosfera e que poderão ser comercializados no mercado internacional na forma de Certificado de Redução de Emissões.

1.4.3 Teoria de Opções Reais: É o modelo de avaliação econômico-financeiro utilizado para se obter resultados quanto ao retorno de um determinado investimento no decorrer do tempo considerando as flexibilidades gerenciais de acordo com os riscos político, econômico, social, ambiental, entre outros.

1.5 Objetivos

1.5.1 Geral

Desenvolver um método para determinar o momento ideal para investir na implantação de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo em empresas de cerâmica vermelha, o qual seja possível de ser utilizado no Arranjo Produtivo Local de São Miguel do Guamá/PA.

1.5.2 Específicos

- ✓ Quantificar a relação de investimentos realizados na implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo;
- ✓ Quantificar o valor do projeto por meio dos fluxos de caixa líquido futuros esperados, apresentando a volatilidade do VP;
- ✓ Comparar o VPL da empresa, sem a flexibilidade, com o VPL acrescido do valor da opção gerencial de diferimento;
- ✓ Apresentar metodologia passível de ser utilizada pelo conjunto de empresas do APL cerâmico de São Miguel do Guamá.

2 O PROTOCOLO DE QUIOTO

A revisão de literatura relacionada à avaliação de projetos e a contextualização do mercado de carbono pretende apresentar e discutir questões teóricas a cerca dessas áreas do conhecimento que se prontifica a serem exploradas para atendimento do objeto de pesquisa.

A ênfase da avaliação de projetos consolidada é trazer a valor presente (VP) os fluxos de caixa (FC) do projeto em toda a vida, ao considerar neste ponto uma taxa de retorno adequada ao projeto e/ou à empresa no momento de retornar a VP aqueles FC, deduzidos os investimentos necessários para a realização desse mesmo projeto. Dessa forma tem-se o valor presente líquido (VPL).

A revisão demonstra que o VPL não atende questões futuras analisadas em um instante qualquer por meio de informações que possam considerar flexibilidades da decisão final. Brandão *et al.* (2005) comentam que uma das mais importantes limitações da utilização do fluxo de caixa descontado (FCD) é não considerar o valor das flexibilidades presentes em muitos modelos de projeto.

As opções reais (OR) são somadas à avaliação do projeto sem flexibilidade, ou seja, ao VPL, e traduzem as flexibilidades que não podem ser mensuradas segundo aquela mesma avaliação tradicional. Essas flexibilidades, portanto, podem ser valoradas segundo o delineamento teórico da teoria de opções reais (TOR).

A revisão trás, ainda, os marcos da geração e normatização do mercado de carbono por meio do Protocolo de Quioto e mais especificamente do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

Tendo reconhecido a natureza global desse problema, a ONU, através de seu programa para o meio ambiente – PNUMA –, e a Organização Meteorológica Mundial – WMO – criaram o Painel Intergovernamental para Mudanças no Clima – IPCC – em 1988, que passou a emitir relatórios periodicamente. O tom admonitório de seus primeiros relatórios criou um momento político propício que culminaram com a realização da Conferência Rio 92 (Rio Earth Summit '92), durante a qual foi adotada a

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças no Clima – UNFCCC ou CQNUMC –, cuja ratificação, aceitação, aprovação ou adesão foi feita por 185 países mais a União Europeia e que tem como meta propor ações a serem tomadas pelos países ditos do Anexo I, basicamente países industrializados, de maneira a alcançar a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera em um nível que impeça uma transferência antrópica perigosa no clima do planeta. Essa convenção entrou em vigor em 1994 e conta atualmente com 194 países (ditos “Partes”) (UNFCCC, 2005).

Embora não defina a maneira de alcançar esse objetivo, a convenção estabelece mecanismos que dão continuidade ao processo de negociação em torno das ferramentas necessárias para que esse objetivo seja atingido. Desde que entraram em vigor, as Partes vêm-se reunindo periodicamente para discutir o assunto e buscar soluções para o problema. Até o presente momento já foram realizados nove encontros, denominados Conferência da Partes (COP/MOP). Na terceira COP, realizada em dezembro de 1997 na cidade de Quioto, no Japão, foi estabelecido um acordo que definiu as metas de redução de GEE para os países do Anexo I, bem como critérios e diretrizes para utilização dos mecanismos de mercado para atingir essa meta. Esse acordo, que ficou conhecido desde então como Protocolo de Quioto, estabelece que as Partes do Anexo I devem reduzir suas emissões de GEE para um nível de 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990, no período entre 2008 e 2012 (inclusive), denominado primeiro período de compromisso. (ROCHA, 2003).

A condição para que o Protocolo de Quioto vigorasse era que fosse ratificado, aprovado ou aceito por pelo menos 55 Partes, entre as quais as Partes do Anexo I que fossem responsáveis por 55% das emissões de GEE ao nível de 1990. Somente com a recente ratificação do Protocolo pela Federação Russa ultrapassou-se esse percentual, havendo hoje um total de 141 países, responsáveis conjuntamente por 61,6% das emissões. O Protocolo de Quioto passou, assim, a vigorar em 16 de fevereiro de 2005 (UNFCCC, 2005).

O Protocolo de Quioto tem entre seus pontos básicos (RIBEIRO, 2005):

- ✓ Os mecanismos para remoção ou redução dos GEEs;
- ✓ Estabelecimento de limites de emissões de GEEs para cada Parte envolvida;

- ✓ Determinação de quota de reduções de GEEs para os países signatários, do Anexo I, tendo como base os volumes de emissões no ano de 1990;
- ✓ Conciliação entre interesses e necessidades dos países mais ricos e aqueles desprovidos de recursos para reduzir as emissões de GEEs, bem como para removê-los.

2.1 Comércio de Emissões

O Protocolo de Quioto estabelece como complementação às medidas e política doméstica a serem tomadas pelas partes do Anexo I, mecanismo de mercado que permitem que as reduções de emissões e/ou o aumento da remoção de CO₂ por elas sejam, em partes, obtidos além de suas fronteiras nacionais, através da criação e transferência de direitos de emissão entre países. Esse conceito é comumente chamado de Comércio de Emissões (*Emission Trading*) (BARAN; RIBEIRO, 2005).

O Comércio de Emissões é um conceito econômico que já existe há algum tempo e se provou eficiente em minimizar os custos de redução em vários regimes de mitigação de poluição, principalmente no EUA. Sob esse regime, de maneira a evitar penalizações, uma entidade deve guardar Permissões de Emissão (*Emission Allowances*) equivalentes ou iguais a sua emissão total do poluente regulado para cada período de compromisso. Permissões de Emissão são criadas tanto pela entidade reguladora (por exemplo, o Governo) ou por atividades que reduzam emissões ou ambos. A quantidade total de Permissões de Emissão em circulação é limitada pela legislação de modo a manter o nível de emissões em seu valor alvo. Permissões de Emissão criadas pela entidade reguladora são distribuídas aos emissores por concessão, leilão ou ambos. Uma vez inicialmente alocadas ou criadas, as Permissões de Emissão tornam-se commodities. Podem ser compradas, vendidas, transacionadas ou poupadas para uso futuro. Elas podem até ser retiradas de circulação para criar um benefício ecológico (BARAN; RIBEIRO, 2005).

O Protocolo de Quioto diferencia três mecanismos de mercado, todos comumente chamados de Comércio de Emissões (LOPES, 2002):

- ✓ Comércio Internacional de Emissões;

- ✓ Implementação Conjunta; e
- ✓ Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Dentre esses Comércios de Emissões somente o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – permite a participação de países não Anexo I como, por exemplo, o Brasil. Convém ressaltar que o MDL surgiu de uma proposta brasileira (BARAN, 2005; LOPES, 2002; RIBEIRO, 2005 e ROCHA, 2003).

2.1.1 Comércio Internacional de Emissões (CIE)

Representa uma comercialização básica de compra e venda entre países do Anexo B. Direitos de Emissão poderão ser transferidos entre múltiplas entidades em fundos comuns (*pools*) nacionais de Permissões de Emissão (AAU – *Assigned Amount Unit*). Os AAUs são divisões transacionáveis das quotas máximas de emissões de cada país, que cairiam ou subiriam de acordo com cada transação feita nesse mercado. Somente países do Anexo I com limitações de Permissão de Emissões e comprometimento de redução inscritos no Anexo B do Protocolo podem participar desse tipo de comércio (RIBEIRO, 2005).

2.1.2 Implementação Conjunta (IC)

Adicionalmente à aquisição de Direitos de Emissão através do CIE, as entidades podem criar Unidades de Emissões Reduzidas (UER) desenvolvendo e financiando projetos de redução de emissões e sumidouros em outros países do Anexo I. A isto o Protocolo de Quioto se refere como Implementação Conjunta. Funcionalmente, UERs de projetos de IC representam porções ganhas dos *pools* nacionais de AAUs. UERs podem ser usadas por entidade adquirente para alcançar suas obrigações ou podem ser transferidas para outra entidade através do Comércio de Emissões. UERs de projetos de IC não alteram o volume bruto de emissões permitidas entre Partes, mas representam uma maneira de criar incentivos para acelerar a implementação de projetos de redução de emissões através do Comércio

de Emissões. Espera-se que projetos desse tipo sejam implementados em países da Europa Oriental com economias em transição (BARAN, 2005).

2.1.3 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – foi instituído com o objetivo principal de auxiliar os países em desenvolvimento na implantação de tecnologias de recuperação e preservação ambiental e de ajudar os países desenvolvidos a cumprir suas metas de redução de emissões. O MDL é o mecanismo que visa promover o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento, tendo como base os recursos provenientes de países desenvolvidos (RIBEIRO, 2005).

A única maneira pela qual os limiares das obrigações de cada país do Anexo B podem ser aumentados é através do uso de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Através dele, as entidades podem criar Certificados de Emissões Reduzidas (CER) desenvolvendo e financiando projetos que reduzam as emissões em países não Anexo I. Esses países, por sua vez, usariam o MDL para promover seu desenvolvimento sustentável (BARAN; RIBEIRO, 2005).

O Anexo I contém os nomes dos países que ratificaram o acordo e seus respectivos compromissos de redução de emissão (Ribeiro, 2005). E segue no anexo deste projeto.

O objetivo final de mitigação de GEE seria alcançar através da implementação de atividades de projetos (*project activities*) em países em desenvolvimento que resultassem na redução de emissão de GEE ou no aumento da remoção de CO₂ (seqüestro de carbono). Os projetos de MDL seriam divididos nas seguintes modalidades (BARAN; RIBEIRO, 2005 e ROCHA, 2003).

- ✓ Substituição de fontes de energia fósseis por fontes renováveis;
- ✓ Racionalização do uso de energia; e
- ✓ Florestação e reflorestamento.

3 MODELOS DE AVALIAÇÃO SEM RISCO

Esta terminologia engloba um conjunto de técnicas de avaliação em seu estado mais básico, sob a pressuposição de que o risco, ou a incerteza, não são considerados numa primeira análise para os tomadores de decisão. Nesta revisão será apresentado apenas o Método do Valor Presente Líquido – VPL –, entre os modelos de avaliação sem risco.

Segundo Trigeorgis (1993), o VPL é considerado o método mais consistente com o objetivo da empresa de maximizar a riqueza do acionista. Outros métodos apesar de amplamente utilizados no universo corporativo, têm sido julgados como inferiores ao VPL na literatura padrão de finanças.

3.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido é a ferramenta mais utilizada na análise de investimentos. Entretanto, foram necessários quase duas décadas para que o método fosse totalmente aceito. Empresas e investidores em geral estão sempre investindo em projetos de ativos reais, sejam eles tangíveis ou intangíveis, dos mais variados tipos. No momento de investir em um projeto, a questão que invariavelmente se coloca é o quanto vale tal projeto. A partir dessa informação serão tomadas as decisões de investimento (COPELAND e ANTIKAROV, 2001; BARAN, PAMPLONA e MONTEVECHI, 2005; PORTUGAL, 2007).

Conforme Woiler e Mathias (1997), a equação do VPL das receitas líquidas pode ser escrita conforme segue:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (01)$$

Onde:

I = investimento requerido no projeto.

FC_t = fluxo de caixa no período " t ".

t = prazo de vida do ativo.

r = taxa de desconto.

O ponto crítico da abordagem do VPL está na decisão de qual taxa de desconto utilizar. As taxas de desconto são influenciadas pelo nível de risco e duração do projeto, e tendem a subir acompanhando taxas de juros e inflação (ROSS *et. all.*, 1995).

Outra limitação na metodologia do VPL que são questionáveis reside na necessidade de se assumir que a administração é capaz de fazer previsão dos fluxos de caixa dos anos futuros, e que as premissas adotadas permanecerão estáticas durante todo o projeto, sem qualquer intervenção dos gerentes frente a mudanças de cenário e em caso de resultados inesperados e desfavoráveis. Isso leva a uma situação de irreversibilidade do investimento (ROSS *et. all.*, 1995; COPELAND e ANTIKAROV, 2001; PAMPLONA e MONTEVECHI, 2005).

A analogia com decisões de orçamentação de capital é imediata. O valor presente líquido lida somente com fluxos de caixas esperados, descontados a uma taxa constante, pois se assume que o risco do projeto será o mesmo ao longo da vida do projeto (COPELAND e ANTIKAROV, 2001; PAMPLONA e MONTEVECHI, 2005).

No mundo corporativo, quanto mais distante for o horizonte de tempo, maiores serão as incertezas e mais imprecisas serão as previsões de fluxos de caixa, uma vez que estes fluxos são diretamente influenciados pelas vendas futuras, custos em geral (mão de obra, materiais, custos indiretos de fabricação), taxas de juros, políticas governamentais, aspectos climáticos, mudanças demográficas, políticas internacionais, gostos dos consumidores, novas tecnologias, assim por diante (MONTERIO, 2003).

Desta forma, no método VPL, erros na previsão de fluxos de caixa podem levar à aceitação de um projeto que deveria ser rejeitado ou vice-versa. Além disso, apesar da estimativa de taxas de juros futuras ser tanto difícil como incerta, a premissa

adotada pelo método de que a taxa de desconto é a mesma durante todo o projeto pode não ser realista (DAMODARAN, 1999).

Monteiro (2003) finaliza afirmando que, a abordagem do VPL é considerada, num cenário de ausência de flexibilidade gerencial, a mais consistente com o objetivo da empresa de maximizar a riqueza do acionista pela literatura financeira moderna e por seus praticantes.

Já Copeland e Antikarov (2001) argumentam que um dos principais fatores da teoria de sustentação do VPL é o princípio da separação. Para ele, os gestores de determinada empresa, de maneira dissociada dos interesses pessoais, devem maximizar os interesses dos acionistas ao buscarem os maiores VPL, que maximizem a riqueza dos acionistas.

4 MODELOS DE AVALIAÇÃO COM RISCO

No modelo de avaliação apresentado na seção anterior, as alternativas de investimento são apresentadas em sua forma básica, sem o ajuste ao risco, com base na premissa de que os valores de fluxo de caixa estimados são absolutamente precisos, sem qualquer possibilidade de erros em sua elaboração, e nem de mudanças de planos (flexibilidade) durante a vida do projeto.

Neste tópico, buscam-se abordar o custo de capital como modelo de avaliação que se enquadram no conceito genérico do fluxo de caixa descontado, acrescentando à tradicional análise do valor presente líquido – VPL – o conceito de risco.

4.1 Fluxo de Caixa Descontado

Assumiu-se até então um universo livre de riscos e incertezas no cálculo do valor presente líquido de alternativas de investimento. Esta suposição é claramente muito distante da realidade das decisões de investimentos, e ressalta a necessidade de se incorporar o conceito de risco na análise de investimentos através dos métodos do fluxo de caixa descontado.

A abordagem tradicional por fluxo de caixa descontado responde a questão de análise de investimento por meio da metodologia do Valor Presente Líquido. Nela calcula-se o valor presente dos fluxos de caixa líquidos esperados ao longo da vida útil do projeto (COPELAND e ANTIKAROV, 2001; PAMPLONA e MONTEVECHI, 2005).

4.1.1 Abordagem da Taxa de Desconto Ajustada

No cálculo do VPL num ambiente sem risco, o objetivo de maximização da receita do acionista é atingido ao se escolher projetos que, após o desenho dos fluxos de caixa futuros pelo seu custo de oportunidade (taxa de juros livre de risco ou a taxa de retorno requerida pela empresa ou mercado em investimentos compatíveis), apresentem VPL positivo (PAMPLONA e MONTEVECHI, 2005).

Ao introduzir incertezas, a mesma idéia básica permanece inalterada, porém o conceito de “investimentos compatíveis” passa a significar investimentos com as mesmas características de risco. Trigeorgis (1996) sugere que a taxa de desconto r passa ser substituída por k , que representa a soma de r (taxa de juros livre de risco) mais um prêmio de risco (p) usado para compensar o risco associado ao projeto. Assim, nova equação do VPL segue:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^T \frac{E(FC_t)}{(1+k)^t} \quad (02)$$

Onde:

I = investimento requerido no projeto.

FC_t = fluxo de caixa no período “ t ”.

T = prazo de vida do ativo.

k = taxa de desconto ajustada ao risco.

A decisão de investir é tomada a partir da seguinte regra (Woiler e Mathias, 1997).

Se $VPL > 0$; Investe.

Se $VPL < 0$; Não Investe.

Se $VPL = 0$; Indiferente entre investir ou não.

4.1.1.1 O Custo Médio Ponderado de Capital (WACC)

O Custo Médio Ponderado do Capital (Weighted Average Cost of Capital) – WACC – é a média ponderada dos custos marginais do capital após o desconto dos impostos que incidem sobre o mesmo. É adequado ao desconto do fluxo de caixa da empresa ou projeto para fazer pagamentos as fontes de capital próprio e de terceiros (COPELAND e ANTIKAROV, 2001). Os mesmos autores seguem afirmando que o custo médio ponderado de capital pode ser obtido:

$$WACC = k_s \frac{S}{B+S} + k_b(1-IR) \frac{B}{B+S} \quad (03)$$

K_s = custo do capital próprio;

S = valor presente do capital próprio;

K_b = custo do capital de terceiros;

B = valor presente do capital de terceiros;

IR = taxa de alíquota do IR.

Sendo que o valor presente do capital próprio (S) é obtido, segundo Copeland e Antikarov (2001), descontando o fluxo de caixa livre ao custo do capital próprio (K_s). E o valor presente do capital de terceiros (B) será o total de despesa anual em juros descontado pelo custo do capital de terceiros (K_b):

$$S = \frac{FCF}{k_s} \quad (04)$$

$$B = \frac{J}{k_b} \quad (05)$$

FCF = fluxo de caixa livre;

J = total anual de despesas com juros;

K_s = custo do capital próprio;

K_b = custo do capital de terceiros;

O custo de capital de uma empresa serve como parâmetro nas tomadas de decisões de investimentos em geral, pois reflete a taxa mínima de retorno para cobrir o custo dos recursos para financiar os investimentos (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND e ANTIKAROV, 2001). Ainda continuam afirmando que, os fundos

disponíveis para uma empresa originam-se tanto em fontes internas quanto em fontes externas. As fontes externas são os financiamentos, fornecedores (contas a pagar), empréstimos de longo prazo (principalmente título e debêntures) e ações. As fontes internas, por sua vez, são os lucros retidos, cujo custo pode ser comparado ao da emissão de novas ações ordinárias.

O cálculo do custo do capital de terceiros (k_b) é o resultado das taxas de mercado e da precificação do mesmo para os títulos emitidos pela empresa. Entre os fatores que influenciam o custo do capital de terceiros estão o nível corrente da taxa de juros, o risco de inadimplência da empresa e os benefícios fiscais associados aos empréstimos. Além disso, uma vez que os custos com capital são dedutíveis para fins de imposto de renda, o cálculo do mesmo deve ser ajustado para refletir este efeito (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Para o cálculo do custo do capital próprio (K_s) é preciso proceder algumas aproximações que podem ser feitas através do cálculo do valor presente dos dividendos futuros esperados, ou de metodologias que buscam estimar o custo do capital próprio considerando o risco do mercado, como o Modelo de Formação de Preço de Ativos de Capital (Capital Asset Pricing Model) – CAPM – (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Entretanto, Copeland e Antikarov (2001), propõe que a avaliação baseada no cálculo do WACC possui limitações. Ao considerar a mesma estrutura de capital para todas as operações de determinada empresa, ao mesmo tempo assume o mesmo custo médio ponderado de capital para todos os projetos, pode trazer os fluxos de caixa futuros a valor presente de forma incorreta.

4.1.1.2 Modelo de Formação de Preço de Ativos de Capital (CAPM)

O Modelo de Formação de Preço de Ativos de Capital – CAPM – oferece uma metodologia atrelada ao conceito de diversificação do risco para relacionar o retorno esperado de um ativo individual ao risco da carteira que representa o mercado,

baseado na correlação existente entre o retorno de um ativo e o retorno do mercado como um todo (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Ao revisar o modelo CAPM, Trigeorgis(1996) lista as seguintes premissas fundamentais para a utilização do beta como o único fator para a determinação da compensação pelo risco (prêmio):

- ✓ Investidores são reacionais, e o seu objetivo é a maximização da utilidade esperada de sua riqueza ao final de um único período;
- ✓ Investidores são avessos ao risco e diversificam suas carteiras eficientemente com base na média e na variância do retorno da carteira;
- ✓ Investidores possuem expectativas homogêneas, ou seja, estimativas idênticas dos valores esperados, variâncias, covariâncias, e retornos por ativos de riscos;
- ✓ Existe uma taxa de juros livre de risco r_f a qual os investidores podem emprestar ou fazer empréstimos a qualquer momento;
- ✓ Não existem impostos ou custos de transação, e os custos de falência são imateriais; além disso, toda informação está livremente disponível aos investidores;
- ✓ Todos os ativos são perfeitamente divisíveis e líquidos;
- ✓ O mercado é competitivo, de tal forma que os investidores sabem que não são capazes de influenciar o preço ou o montante de ativos com base em suas ações.

Como é possível observar, as premissas adotadas são passíveis de diversos questionamentos, e acadêmicos têm dedicado um grande número de estudos e publicações a estes temas. Na prática, no entanto, apesar da dificuldade de obtenção de betas com alto grau de precisão o CAPM oferece uma medida aceitável e amplamente utilizada para a medida de risco para um ativo (ROSS, WESTERFIELD e JAFFE, 1995 e SHARPE, 1970).

$$K_e = r_f + \beta(E(r_m) - r_f) \quad (06)$$

Onde:

r_f = taxa livre de risco;

β = risco sistêmico do capital próprio;

$E(r_m)$ = é o retorno esperado da carteira de mercado.

4.1.2 Abordagem da Taxa de Desconto Neutra de Risco

A estimativa do valor de um projeto pode ser obtida tanto ao se descontar os fluxos futuros de caixa pela taxa de desconto ajustada ao risco quanto pelo desconto dos fluxos de caixa previamente ajustada ao risco pela taxa de juros livre de risco. Ambos os métodos devem levar ao mesmo resultado. Dessa forma calcula-se o VPL pelo método da taxa de juros ajustada ao risco, conforme segue (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

$$VPL = -I + VP \quad \therefore \quad VP = \frac{E(FCF)}{1 + r_f + (E(r_m) - r_f)\beta} \quad (07)$$

O método da taxa neutra de risco apresenta os mesmos resultados, porém pela sua metodologia, o ajuste é feito no numerador, ao invés do denominador. De acordo com o CAPM, o beta entre uma empresa ou projeto e o mercado segue (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

$$\beta = \frac{COV(k_e, r_m)}{VAR(r_m)} \quad (08)$$

Se substituir k_e por seu equivalente na equação do valor presente de um único período, têm-se (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

$$VP = \frac{E(FCF)}{(1 + k_e)} \quad \therefore \quad k_e = \frac{E(FCF)}{VP} - 1 \quad (09)$$

Substituindo na definição de beta para incluir o retorno de um período, obtêm-se a nova definição (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

$$\beta = \frac{COV\left[\frac{E(FCF)}{VP} - 1, r_m\right]}{VAR(r_m)} = \frac{1}{VP} \left[\frac{COV(E(FCF), r_m)}{VAR(r_m)} \right] \quad (10)$$

Substituindo o valor de beta na equação do valor presente em um período pela expressão acima a nova equação do valor presente segue (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

$$VP = \frac{E(FCF)}{1 + r_f + (E(r_m) - r_f) \left(\frac{1}{VP} \right) \left[\frac{COV(E(FCF), r_m)}{VAR(r_m)} \right]} \quad (11)$$

Pelo CAPM, o preço de mercado do risco é igual a $\frac{[E(r_m) - r_f]}{VAR(r_m)}$, e simbolizando-o por λ , reescreve-se a equação do valor presente conforme segue:

$$VP = \frac{E(FCF) - \lambda COV[E(FCF), r_m]}{1 + r_f} \quad (12)$$

Copeland e Antikarov (2001) resumem afirmando que esta abordagem faz o ajustamento do risco, subtraindo uma perda dos fluxos monetários esperados, a fim de obter, primeiramente, os fluxos de caixa em termos de certeza equivalente, para em seguida, descontá-los à taxa livre de risco.

5 MODELOS DE PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES

Neste tópico, busca-se fazer uma revisão dos modelos principais de avaliação do preço de opções.

Qualquer um dos principais modelos de avaliação do valor do preço de uma opção (binomial e Black-Scholes) necessariamente utiliza um conjunto básico de variáveis que necessitam ser conhecidas ou estimadas para que possam fornecer o preço da opção. As variáveis seguem (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

- ✓ **Preço do ativo subjacente (S):** é o preço de mercado do ativo sobre o qual a opção de compra ou venda é baseada em um dado momento. Em opções reais é o valor do projeto (VP);
- ✓ **Preço de exercício (X):** é o preço pelo qual o detentor da opção pode exercê-la. Em opções reais é o valor do investimento do projeto no instante zero;
- ✓ **Tempo até o vencimento (T):** fração anual do prazo de vencimento da opção;
- ✓ **Taxas de juros (r):** é a taxa de juros que influi na determinação do preço da opção;
- ✓ **Volatilidade (σ):** é o movimento que sofre o ativo subjacente com o passar do tempo. Indica a incerteza (ou risco) quanto aos retornos proporcionais por este ativo.

Dentre os itens apresentados, as quatro primeiras variáveis são intuitivas e auto-explicativas. No entanto, a volatilidade (σ) é a mais difícil de ser determinada, pois não é diretamente observada e precisa, portanto, ser estimada.

A volatilidade histórica é medida normalmente pelo desvio padrão dos movimentos no preço do ativo subjacente no passado, expressa em percentual, e calculada, na maioria das vezes, para períodos pequenos e recentes. Na prática, todavia, há investidores que utilizam períodos mais longos o até mesmo a análise gráfica.

Silva Neto (1996) apresenta os efeitos das variabilidades nas variáveis sobre o preço de uma opção. Como segue na tabela 5.1.

TABELA 5.1 – Efeitos das mudanças nas variáveis sobre o preço de uma opção

Movimento da variável	Efeito no valor da call	Efeito no valor da put
Ativo objeto aumenta	Aumenta	Diminui
Ativo objeto diminui	Diminui	Aumenta
Volatilidade aumenta	Aumenta	Aumenta
Volatilidade diminui	Diminui	Diminui
Passagem do tempo	Diminui	Diminui
Taxa de juros aumenta	Diminui	Diminui
Taxa de juros diminui	Aumenta	Aumenta

Fonte – Adaptado de Monteiro (2003).

5.1 Processos Estocásticos

De forma a proporcionar uma base mínima para compreensão dos fundamentos das metodologias de determinação de preços teóricos de ativos e opções em tempo contínuo, faz-se necessário revisar algumas premissas e conceitos matemáticos que foram utilizados como base para o desenvolvimento destes modelos, em especial, apresentar o conceito de processos estocásticos, particularmente o Processo de Wiener ou Movimento Browniano (MONTEIRO, 2003).

Uma variável segue um processo estocástico quando ela se desenvolve ao longo do tempo de maneira parcialmente ou totalmente aleatória, mas de acordo com regras de probabilidade bem definidas, de maneira que previsões futuras podem ser expressas somente em termos de distribuições de probabilidade (BARAN, 2005).

Os processos estocásticos são classificados como:

- ✓ Estacionários ou não-estacionários: conforme suas propriedades estatísticas (média ou variância) forem constantes ou não no tempo;

- ✓ Em tempo discreto ou contínuo: conforme as mudanças de valor da variável se derem em determinados momentos ou a todo instante;
- ✓ De estado discreto ou contínuo: conforme os valores assumidos pela variável pertencerem a um conjunto discreto ou contínuo.

5.1.1 Propriedade de Markov

Esta propriedade diz que a distribuição de probabilidade de X_{t+1} depende apenas de X_t e não adicionalmente do que aconteceu antes do momento t . Assim, a propriedade de Markov significa que acontecimentos passados não têm importância para a previsão de valores futuros, e que o valor atual da variável é o suficiente para a estimativa do futuro.

5.1.2 Processo de Wiener ou Movimento Browniano

O processo de Wiener, também chamado de Movimento Browniano, recebe esse nome de seu descobridor o botânico escocês Robert Brown, que em 1827 observou e descreveu esse tipo de movimento irregular ao observar grãos de pólen suspensos em água. É um processo estocástico contínuo, muito utilizado para explicar a evolução de preços de ativos. Este processo possui três características principais (MONTEIRO, 2003 e BARAN, 2005):

- ✓ O processo de Wiener é um processo de Markov, e portanto, a distribuição de probabilidade dos valores futuros do processo depende somente do seu valor atual, não sendo afetado pelo passado;
- ✓ O processo de Wiener tem incrementos independentes, o que significa que a distribuição de probabilidade para as variações no processo em qualquer intervalo de tempo são independentemente de qualquer outro intervalo de tempo; e

- ✓ As variações no processo em qualquer intervalo de tempo finito têm distribuição normal com variância proporcional ao intervalo de tempo ocorrido.

Supondo um processo de Wiener com uma variável $z(t)$, pode-se estudá-lo em pequenos intervalos de tempo Δt , e definir Δz como sendo a variação em z relativa ao intervalo Δt . Desta forma, pode-se escrever o processo de Wiener como:

$$\Delta z = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t} \quad (13)$$

Onde ε_t é uma variável aleatória com distribuição normal padrão, com média zero e desvio padrão 1, ou $N(0,1)$. Os valores de Δz , para quaisquer intervalos de tempo Δt , são independentes.

Considerando que uma variação infinitesimal de tempo, ou seja, calcularmos o limite da variável dependente Δz com a variável independente $\Delta t \rightarrow 0$, escreve-se:

$$dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (14)$$

E como ε_t possui média zero e desvio padrão igual à 1, têm-se que:

$$\begin{aligned} E(dz) &= 0 \\ \text{Var}(dz) &= dt \end{aligned} \quad (15)$$

Para o desenvolvimento do conceito, e futura aplicação na variação do preço de um ativo, é necessário fazer uma generalização do processo de Wiener para uma variável s . Esta generalização é chamada de Movimento Browniano com Tendência, e pode ser escrita conforme abaixo:

$$ds = \mu dt + \sigma dz \quad (16)$$

Na equação, μ representa o parâmetro e tendência no tempo (ou crescimento), σ o parâmetro de variância, que exprime a incerteza ou ruído do

processo, e s é um processo estocástico. Se considerarmos a variação do valor de s em um pequeno intervalo de tempo Δt , temos:

$$\Delta s = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon_t \sqrt{\Delta t} \quad (17)$$

Δs estará, nessas condições, distribuído normalmente, com média $\mu \Delta t$ e desvio padrão $\sigma \sqrt{\Delta t}$.

5.1.2.1 Movimento Browniano Generalizado ou Processo de Itô

O Movimento Browniano Generalizado ou Processo de Ito nada mais é do que uma generalização do Movimento Browniano com Drift na qual os parâmetros de Drift e variância podem variar no tempo. É dado pela seguinte equação:

$$ds = \alpha(s,t)dt + \sigma(s,t)dz \quad (18)$$

Onde dz é um incremento de Wiener e $\alpha(s,t)$ e $\sigma(s,t)$, agora funções conhecidas e determinísticas do estado atual s e do tempo t , são denominadas taxa de crescimento esperado instantâneo e variância instantânea do processo de Ito.

O Processo de Ito possui média $\alpha(s,t)$ e variância $\sigma^2(s,t)dt$.

5.1.2.2 Movimento Geométrico Browniano (MGB)

Uma variável aleatória, cuja taxa de retorno contínua tem distribuição normal pode ser descrita pelo chamado Movimento Geométrico Browniano (MGB) como segue a equação:

$$ds = \mu s dt + \sigma s dz \quad \frac{ds}{s} = \mu dt + \sigma dz \text{ (Dividindo MGB por } s) \quad (19)$$

Onde μ e σ são constantes arbitrárias.

Ou seja, as variações proporcionais de s (i.e., ds/s) possuem distribuição normal pois se trata de um Movimento Aritmético Browniano (MAB). Portanto, se $\ln(s)$ tiver distribuição normal, s terá distribuição lognormal. A média e a variância do MGB são respectivamente $s_0 e^{\mu t}$ e $s_0^2 e^{2\mu t} (e^{\sigma^2 t} - 1)$, onde s_0 é o valor de s em $t=0$.

5.2 Modelo Binomial

O modelo binomial é visualmente mais simples e intuitivo para a avaliação do preço de opção. Devido a essa vantagem gráfica o modelo binomial tem sido também o modelo mais utilizado por praticantes que buscam nas opções uma forma de gerenciamento de seus investimentos em ativos reais.

O modelo binomial desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979), assume que o preço de determinado ativo S pode assumir no momento dt um valor Su , com probabilidade de ocorrência p e um valor Sd com probabilidade de ocorrência $1-p$. No momento $2dt$ o ativo S poderá assumir três valores: Su^2 , Sud ou Sd^2 . Conforme pode ser verificado na figura 5.1.

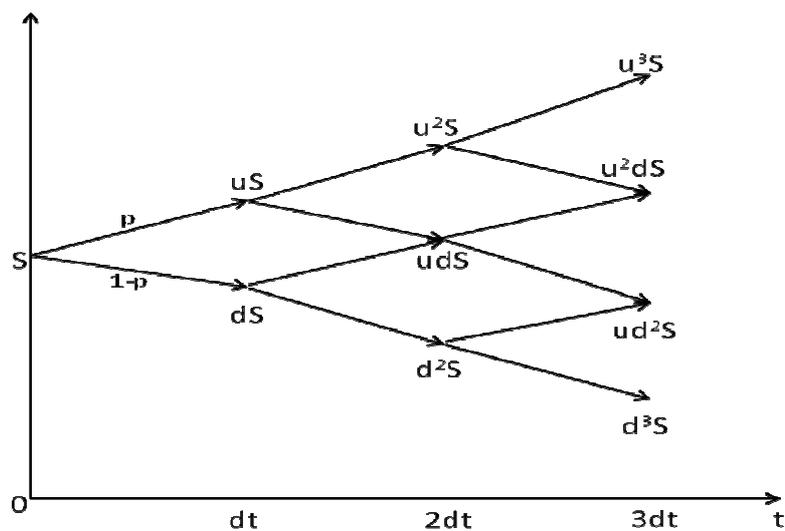


FIGURA 5.1 – Modelo Binomial.

Fonte: Do Autor

Na figura, u e d correspondem aos fatores de subida e descida de preços, respectivamente. S é o preço do ativo no instante $t=0$.

Os fatores são dados por:

$$u = e^{\sigma\sqrt{dt}} \quad (20)$$

$$d = u^{-1} \quad (21)$$

$dt = T/n$, onde n é o número de passos na árvore entre os instantes inicial e final.

$$p = \frac{e^{rdt} - d}{u - d} \text{ se o ativo não pagar dividendos.} \quad (22)$$

Essa mesma proposição é utilizada por Copeland e Antikarov (2001) na avaliação da evolução dos preços em tempo discreto, segundo a multiplicação do mesmo por u , no movimento ascendente, e d , no descende, ainda considerada a probabilidade p para o movimento ascendente e $1-p$ para o movimento descendente.

O estudo revela ainda que os movimentos ascendentes e descendentes seriam proporcionais à volatilidade do projeto.

Copeland e Antikarov (2001) propõem ainda que o valor inicialmente melhor representa um ativo real, desde que se admita que o mesmo não seja negociado no mercado, é o próprio Valor Presente sem flexibilidade. Copeland e Tufano (2004), também, consideram que a evolução do valor do projeto pode ser aproximada, em tempo discreto, a uma grade binomial, e o VP desse mesmo projeto representa o ativo subjacente.

Cox, Ross e Rubinstein (1979) mostram que conforme se aumenta a discretização do tempo (aumentando-se n), o modelo binomial converge para um MGB. Demonstra-se também que, aumentando-se n , o resultado do método binomial converge para a solução analítica de Black e Scholes.

5.3 Simulação de Monte Carlo

O método da Simulação de Monte Carlo, cujo nome relaciona-se ao cassinos de Monte Carlo, em Mônaco, gera aleatoriamente valores para variáveis incertas para simular um modelo (MOORE, 2005). Ainda segundo Moore (2005), o método foi desenvolvido originalmente para o projeto Manhattan, com o objetivo de construir a bomba atômica na II Guerra Mundial, e é creditado ao matemático polonês Stanislaw Ulam. Este matemático, ao trabalhar com John Von Newman e Nicholas Metropolis, desenvolveu algoritmos que, utilizando recursos computacionais, coletassem amostras de um intervalo conhecido e realizassem simulações. Metropolis chamou essa metodologia de Monte Carlo, justamente devido à característica aleatória dos resultados nos cassinos, oriundo de um número conhecido de alternativas.

O comportamento aleatório/randômico dos jogos dos cassinos de Monte Carlo aproxima-se ao modo como os números são selecionados na simulação. A simulação prevê quais resultados poderá assumir, mas não qual será o próximo resultado. As ferramentas de simulação computacional selecionam aleatoriamente os dados de entrada, caracterizados por uma distribuição de probabilidades definida inicialmente, ao obter dados de saída para eles. Essa simulação é repetida tantas vezes quanto se deseje, sendo que quanto maior o número de interações menor as distorções provocadas pela variabilidade dos valores gerados. Os dados de entrada podem ser, por exemplo, a quantidade de produtos vendidos, o preço de um determinado ativo, entre outros.

6 OPÇÕES REAIS

Há um pouco mais de trinta anos, desde a primeira publicação do modelo de precificação de opções consagrado como “Modelo Black-Scholes”, os complexos modelos matemáticos utilizados na teoria financeira tiveram direta e ampla influência na prática das finanças corporativas. O amplo reconhecimento e o rápido avanço da, relativamente, nova teoria de precificação de opções marcaram, junto a outras descobertas memoráveis, a conjunção do interesse intelectual com a aplicação prática nas finanças modernas (MERTON, 1998).

Esse subcapítulo retrata alguns aspectos da abordagem da teoria de opções reais e expõe, também, os principais tipos de opções reais.

6.1 A Abordagem de Opções Reais

A avaliação por Opções Reais (OR) deve ser considerada como extensão da avaliação por VPL sem flexibilidade. Fundamenta-se na teoria desenvolvida para avaliação de Opções Financeiras, segundo a proposição de Black & Scholes (1973). Essa teoria permite, porém, uma única fonte de incerteza e uma única Opção. A abordagem da teoria das Opções Financeiras é então expandida para a avaliação que compreenda diversas incertezas, que permita múltiplas Opções e que esteja associado ao ativo real, a OR. A terminologia OR foi utilizada por se tratar de avaliação de Opções relacionadas a ativos reais, enquanto que Opções, isoladamente, representam ativos financeiros (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Sabe-se que, no mundo real, os fluxos de caixa futuros são incertos e não seguem necessariamente as expectativas originais. Ao longo do tempo, incertezas técnicas e econômicas vão-se revelando e, dependendo do projeto, o gerente terá flexibilidade para alterar a estratégia inicial para melhor aproveitar oportunidades que

venham a surgir, ou reagir a um cenário desfavorável de modo a minimizar perdas (TRIGEORGIS, 1996).

Dias (2004), observa que a abordagem das OR é uma ferramenta para avaliação de projetos sob incerteza. Dixit e Pindyck (1998) afirmam que, analogamente às Opções Financeiras, para as OR a oportunidade de investir é uma opção de compra, assim como a oportunidade de desinvestimento é uma opção de venda. Brandão (2002) acrescenta que para determinado projeto possuir valor para OR, deve embutir três características: o investimento necessário deverá ser total ou parcialmente irreversível, ter flexibilidade que admita adiamento, suspensão, ampliação e abandono, e, também, que os fluxos de caixa futuros sejam incertos.

A abordagem de opções reais é capaz de quantificar o valor dessa flexibilidade operativa e estratégica. Como afirma Trigeorgis (1996), essa flexibilidade gerencial pode ser vista como um conjunto de opções sobre ativos reais que agregam valor ao projeto. O gerente de projeto, que tem o direito de realizar um investimento e com isso receber em troca um projeto, é visto como detentor de uma opção que lhe dará o direito (mas não a obrigação) de exercê-la no momento em que lhe for mais conveniente.

Assim como nas opções financeiras, essa flexibilidade gerencial aumenta o valor da oportunidade de investimento em um projeto aumentando seu potencial de ganho bem como limita as perdas relativamente às expectativas iniciais do gerenciamento passivo. Essa expansão no valor da oportunidade de investimento é refletida pelo VPL expandido (VPL_E), dado pela soma do VPL estático (VPL_S), do projeto sem essa flexibilidade, com o valor da opção de flexibilidade operacional.

$$VPL_E = VPL_S + \text{valor da opção}$$

Para Amram e Kulatilaka (1999), a abordagem de opções reais possui três componentes de uso valioso para os gerentes de projetos:

1 – Opções são decisões contingenciais: uma opção é a oportunidade de tomar uma decisão após ver como os eventos se desdobram. Na data da tomada de decisão,

caso os eventos tenham tomado um rumo positivo, a decisão a ser tomada é uma. Caso contrário, a decisão será outra. Isso significa que o *payoff* de uma opção não é linear – ele muda conforme a decisão tomada. Decisões fixas (não contingenciais) possuem *payoff* linear pois toma-se sempre a mesma decisão, não importando o que acontecer;

2 – Avaliações de opções estão alinhadas com avaliações do mercado financeiro: a abordagem de opções reais utiliza informações e conceitos tirados do mercado financeiro para avaliar *payoff* complexos de todos os tipos de ativos reais. O resultado disso é que se faz uma comparação de “maças” com “maças” entre opções gerenciais, alternativas no mercado financeiro e oportunidades de transações e investimentos internos, como *joint-ventures*, licenças tecnológicas e aquisições;

3 – A abordagem de opções pode ser usada para projetar e gerenciar investimentos estratégicos pró-ativamente: os *payoff* não lineares podem ser usados como ferramentas do projeto.

6.2 Principais Tipos de Opções Reais

Existem diversos tipos de opções reais operacionais. Trigeorgis (1996); Copeland e Antikariv (2001) listam alguns que ocorrem naturalmente nos investimentos (opções de adiar, contrair, suspender temporariamente e abandonar o investimento) e outros que podem ser planejados e empreendidos a um custo adicional (opções de expandir e opções compostas, por exemplo). Os principais tipos seguem. A opção de adiar ou diferir o investimento será valorada nesta pesquisa:

6.2.1 Opção de Diferimento ou Adiar o Investimento

Muitas vezes, projetos analisados com base em um determinado fluxo de caixa esperado e uma taxa de desconto possuem VPL negativo. Porém, com o passar do tempo, as incertezas resolvem-se e os fluxos de caixa podem assumir valores

diferentes daqueles previstos inicialmente, assim como a taxa de desconto apropriada pode mudar. Assim, projetos que não são economicamente viáveis, inicialmente, podem passar a sê-lo após certo tempo. Projetos cujo investimento possa ser adiado possuem um valor adicional: o valor da opção de adiar o investimento (opção de espera) (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Uma opção que dê aos gerentes de projeto o direito (porém não a obrigação) de adiá-lo por um período para então tomarem sua decisão com base no VPL (se positivo) possui as características de uma opção de compra (*call*) (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Imaginemos um projeto que possua essa característica de poder ser adiado, como, por exemplo, a concessão do direito de exploração de uma jazida petrolífera. A empresa detentora dos direitos possui a capacidade de adiar o início do projeto até o instante t , caso a cotação do petróleo no mercado não esteja propícia, e assim esperar uma melhora na conjuntura econômica mundial. Sendo V_t o valor presente dos fluxos de caixa futuros, quando o investimento for realizado no instante t , a regra de decisão será (COPELAND e ANTIKAROV, 2001):

Se $VP_t > I$; investir ($VPL_t > 0$)

Se $VP_t < I$; não investir ($VPL_t < 0$)

Em suma, uma opção de adiar o investimento pode ser encarada como uma *call* do valor bruto do projeto, V_t , com o preço de exercício igual ao montante requerido para investir, I .

Indo em direção ao objetivo da pesquisa, apresenta-se que o objeto da mesma, uma empresa cerâmica que implantou o projeto de MDL visando a obtenção de créditos de carbono, pode, ao final de cada período do ciclo de vida do projeto, requerer os créditos de carbono, ou não, visto que para isso haja necessário gastos de solicitação dos créditos; ou a empresa se reserva o direito de não exercer a opção ficando com seus gastos operacionais e receita proveniente da venda de seus produtos.

Isso evidencia que os investimentos para implantação do MDL estão sendo absorvidos pela receita bruta da empresa o que poderá acarretar em VPL negativo ou não. E a opção pela venda dos créditos de carbono no momento em que proporcione vantagens financeiras para o empresário com VPL positivo poderá ser exercida. Daí a relação do objeto da pesquisa com o tipo de opção que se apresenta por meio da análise por opções reais.

6.2.2 Opção de Expandir

Uma vez iniciado um projeto, os gerentes podem ter flexibilidade para alterá-lo de diversas formas no decorrer de sua vida útil. Podem, por exemplo, investir em instalações com capacidade maior do que a necessária para ter a possibilidade de aumentar a produção no futuro caso isso se torne interessante. Pode também, investir em um projeto piloto, mesmo com VPL negativo, que servirá no futuro como ponto de partida para outros projetos. Em ambos os casos a oportunidade de investimento pode ser pensada como um projeto cujo valor está agregado uma opção de investir em outro projeto (uma *call*). A existência dessa opção pode fazer com que projetos que a princípio não são lucrativos, pelo critério do VPL estático, o sejam num momento futuro.

6.2.3 Opção de Contrair

De modo análogo a opção de expandir, existe a opção de contrair o investimento no caso de a conjuntura futura não ser favorável a atividade que se está desenvolvendo. Essa opção real seria análoga a uma *put*, cujo preço de exercício seria o valor da parte do projeto que poderia ser contraída. Esta opção torna-se relevante em situações nas quais a demanda pelo produto a ser produzido é incerta, podendo ser menor do que a projetada, ou em situações onde o investimento inicial é baixo se comparado aos custos futuros de manutenção.

6.2.4 Opção de Suspender Temporariamente

Uma das falhas da metodologia tradicional (VPL) é devida a suposição de que os fluxos de caixa futuros serão suficientes para garantir a continuidade do projeto ao longo de sua vida útil. Contudo, essa premissa revela-se pouco realista. Podem ocorrer situações ou conjuntura de mercado que tornem o projeto deficitário, fazendo com que as receitas não sejam suficientes para cobrir os custos. Nesses casos, a gerência pode optar por suspender temporariamente a produção por certo tempo até que a conjuntura de mercado melhore e a receita seja suficiente para cobrir os custos variáveis de produção. A operação do projeto pode então ser vista como uma opção de comprar suas receitas, pagando para isso os custos variáveis da operação.

6.2.5 Opção de Abandono ou Troca de Uso

Em alguns casos a gerência tem a alternativa, caso a conjuntura de mercado seja desfavorável e o projeto ainda não tenha chegado ao fim de sua vida útil, de abandoná-lo por um determinado valor ou em detrimento de um uso alternativo. O uso alternativo a ser feito abrange tanto o que será produzido como o(s) insumo(s) usado(s) na produção. Assim, a opção de abandono ou troca de uso comporta-se como uma *put*, cujo preço de exercício é o valor de revenda do projeto ou seu valor no melhor uso alternativo existente.

6.2.6 Opção Composta

OR que compreendem fases sucessivas do projeto, as quais exigem investimentos em cada uma antes de ocorrer o próximo. Pode-se optar por fazer o projeto em etapas. Cada etapa é uma Opção contingente ao exercício anterior de outras OR. Uma fábrica, por exemplo, pode ser construída em fases, tais como projeto, engenharia e construção.

É possível, ainda, combinar alguns tipos de OR, sem se esgotar as possibilidades de fazê-lo. Por exemplo, pode-se deferir o início de um projeto, iniciá-lo

em momento que maximize o VPL, interrompê-lo temporariamente, caso o cenário assim determine, para retomá-lo posteriormente. Verifica-se, portanto, que os diversos tipos de OR podem ser associados de diversas maneiras.

7 O MÉTODO DE SOLUÇÃO DESENVOLVIDO

Nos capítulos anteriores foi apresentada a base teórica da pesquisa, incluindo conteúdos básicos para o entendimento da Teoria de Opções Reais. Contudo, para atingir os objetivos do trabalho, foi necessário seguir um encadeamento de idéias e uma sistemática de utilização de informações que caracterizaram o método de solução do problema de pesquisa, o qual é abordado nesse capítulo.

Antes do detalhamento das etapas de estruturação do método de solução proposto, são apresentadas as condições de contorno que nortearão a utilização do referido método.

7.1 Premissas do Método

Importante ressaltar que as condições de contorno consideradas para este método são:

- ✓ A utilização do modelo de Custo Médio Ponderado de Capital (*WACC*) para calcular a taxa de desconto;
- ✓ O custo do capital próprio é definido conforme a abordagem do Modelo de Formação de Ativos de Capital (*CAPM*);
- ✓ A utilização de uma única volatilidade para calcular os valores de VP no decorrer do período do projeto;
- ✓ O modelo binomial é considerado para a estruturação da árvore de eventos a qual o VP do projeto evolui no decorrer do tempo;

7.2 Etapas do Método de Solução Desenvolvido

O método apresentado neste capítulo constitui um caso particular do método de Copeland e Antikarov (2001), ao considerar o conceito de volatilidade consolidada àquela que associa duas ou mais volatilidades inerentes ao projeto, e ao analisar uma única volatilidade por todos os períodos de tempo (vide 4ª etapa do método), e está dividido em seis etapas.

1ª Etapa: Definir o Fluxo de Caixa Líquido – Gerar o fluxo de caixa do projeto considerando os totais de investimentos, no instante zero, necessários para implantação do projeto; e as receitas futuras deduzidas dos gastos futuros totais no decorrer do período com o funcionamento da empresa; o que gerará o fluxo de caixa líquido futuro.

2ª Etapa: Calcular a Taxa de Desconto – Calcular o taxa de desconto que deverá ser utilizada no cálculo do valor presente sem flexibilidade (3ª etapa). O cálculo é realizado por meio do método do Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) conforme a expressão (23):

$$WACC = K_e \times \left(\frac{VP_{cp}}{VP_{cp} + VP_{ct}} \right) + K_b \times (1 + IR) \times \left(\frac{VP_{ct}}{VP_{ct} + VP_{cp}} \right) \quad (23)$$

Onde:

K_e : Custo do capital próprio;

VP_{cp} : Valor presente do capital próprio;

VP_{ct} : Valor presente do capital de terceiro;

K_b : Custo do capital de terceiro;

IR : Alíquota do imposto de renda.

Para projetos que possuem somente capital próprio, concluiu-se que o WACC é igual ao custo do capital próprio que será obtido conforme o Modelo de Formação de Ativos de Capital – CAPM.

$$K_e = r_f + \beta \times (E(r_m) - r_f) \quad (24)$$

Onde:

r_f : Taxa livre de risco;

β : Risco sistêmico da ação que corresponde ao risco do capital próprio; e

$E(r_m)$: Retorno esperado de uma carteira de ações do mercado.

A proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil apresentada por Assaf Neto (2004), considera a necessidade de apurar o custo de oportunidade dos investidores brasileiros utilizando o *benchmark* de uma economia mais estável. Dessa forma, acrescenta-se ao modelo do CAPM, o risco país, que procura retratar o risco da economia de um país. Ao se obter o custo de oportunidade do capital próprio, tendo-se como referência o mercado dos Estados Unidos, deve-se acrescentar ao K_e calculado essa taxa de risco da economia. Assim a equação do CAPM para o cálculo do custo do capital próprio no Brasil segue:

$$K_e = r_f + \beta(r_m - r_f) + \alpha_{BR} \quad (25)$$

Onde:

r_f : Taxa livre de risco;

β : Risco sistêmico da ação que corresponde ao risco do capital próprio;

$(r_m - r_f)$: Prêmio pelo risco mercado;

α_{BR} : Risco país.

3º Etapa: Calcular o VP sem Flexibilidade – Obter o VP sem flexibilidade do projeto, descontando as receitas futuras líquidas em cada período por meio do Fluxo de Caixa Descontado, considerando o Custo Médio Ponderado de Capital – WACC – como a taxa de desconto do referido fluxo.

4º Etapa: Calcular a Volatilidade Consolidada do Projeto – Nessa etapa, buscar a identificação das incertezas mais significativas para a obtenção da volatilidade consolidada sob a qual o projeto é submetido no decorrer do tempo.

5º Etapa: Modelar a Árvore Binomial – Elaborar a árvore de eventos, com a qual é possível prever os movimentos ascendentes e descendentes do valor do projeto em cada nó da árvore. Segundo as variáveis u , (ascendente), e d , (descendente), a taxa de desconto livre de risco (r_f), as probabilidades neutras em relação ao risco p e $(1-p)$, volatilidade do projeto (σ), e finalmente considerando intervalos de tempo de 01 (um) ano (COX, ROSS E RUBINSTEIN 1979). As expressões para essas variáveis são as de (25) a (30):

$$u = e^{\sigma\sqrt{T/n}} \quad (25)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (26)$$

$$VP_n \text{ ascendente} = VP_{n-1} \times u \quad (27)$$

$$VP_n \text{ descendente} = VP_{n-1} \times d \quad (28)$$

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{(u - d)} \quad (29)$$

$$q = (1 - p) \quad (30)$$

De acordo com Cox, Ross e Rubinstein (1979), para valores pequenos de variação de tempo, pode-se utilizar a equação (25), onde u representa o movimento ascendente da árvore que será obtida; ou seja, o valor que multiplica o projeto com uma evolução positiva, maior que o valor inicial. Portanto, u será sempre maior que 1. A variável d significa o movimento descendente, que multiplica o valor do projeto em cada nó. Como d é igual a $1/u$, d será sempre menor que 1.

É utilizada a árvore binomial, conforme condição de contorno supracitada, segundo Brandão, Dyer e Hahn (2005) para a análise que envolva muitos períodos, a árvore binomial é visualmente simples e permite maior flexibilidade para inserção de OR. Além disso, conforme Hull (2005), a taxa livre de risco é utilizada.

6º Etapa: Calcular as Opções Reais Consideradas no Projeto – À árvore de eventos obtida, acrescentar as OR previstas no projeto e projetar uma nova árvore como os valores das Opções consideradas em cada projeto. A nova árvore de decisão representa um valor de flexibilidade gerencial, ou OR, que poderá ser exercida ou não, conforme o tipo de Opção de cada projeto.

8 O ESTUDO DE CASO

A pesquisa considerou o estudo de implantação do projeto de MDL em uma cerâmica vermelha no processo de vendas de créditos de carbono durante um período definido de tempo.

A avaliação econômica de implantação do MDL considerou inicialmente as entradas e saídas provenientes da implantação do projeto, sem flexibilidade. Isso permitiu obter o valor do VPL sem flexibilidade e, posteriormente foi inserida a OR de Diferimento ou Adiamento.

Algumas considerações em relação a caracterização da empresa objeto de pesquisa são apresentadas neste capítulo assim como a descrição de seu processo produtivo antes da implantação do MDL e após a implantação do MDL, ilustrando em que fases do processo de produção ocorreu as mudanças que atenderam tal mecanismo.

O estudo de caso está organizado seqüenciadamente com a caracterização em relação à metodologia científica, a caracterização da empresa e finaliza com a aplicação do método de solução proposto.

8.1 Tipo de Estudo

Trata-se de um trabalho de pesquisa aplicada que possui um caráter quantitativo explicativo. Por meio de definições matemáticas, foi possível descrever as

relações entre as variáveis consideradas na pesquisa, dentre outros requisitos; a estatística foi utilizada para modelar o comportamento de variáveis do método proposto de maneira a solucionar o mundo real (TEIXEIRA, 2007). Dada a natureza predominante quantitativa da pesquisa, foi utilizado o estudo de caso como método de investigação.

8.1.1 Estudo de Caso

A pesquisa apresenta um estudo de caso sobre uma empresa de cerâmica vermelha. Teixeira (2007) e Gil (1994) respaldam essa caracterização ao considerar que o estudo de caso é um tipo de pesquisa cujo objeto é uma unidade de um determinado universo que se analisa profundamente, visando o exame detalhado de um ambiente, de um sujeito ou de uma situação particular.

8.2 Campo de Observação da Pesquisa

O campo de observação da pesquisa apresenta o objeto de realização do estudo e de aplicação do método de solução, dividido em dois campos: a geográfico/territorial e a empresarial.

8.2.1 A Ótica Geográfica/Territorial

O objeto de análise foi uma empresa do setor industrial de cerâmica vermelha, que se situa no município de São Miguel do Guamá, nordeste do Estado do Pará a 140 km da capital.

O município de São Miguel do Guamá é caracterizado na economia

paraense pelo arranjo de empresas cerâmicas, considerado o maior pólo da Região Norte do País em termos de volume de produção. Duas das maiores fábricas de telhas cerâmicas da região estão localizadas neste *cluster*.

A formação do arranjo de empresas cerâmicas naquele município é devido a quantidades de jazidas de argilas presente em diversos pontos territoriais, de qualidade adequada para a produção de telhas, blocos de vedação, blocos estruturais, blocos de lajes, entre outros, destinados a construção civil.

8.2.2 A Ótica Empresarial

A análise envolveu uma empresa do setor industrial de cerâmica vermelha onde foram investigadas as entradas e saídas de recursos econômicos com a implantação de projetos de MDL por meio da avaliação econômica orientada pela Teoria de Opções Reais.

8.3 Coleta de Dados

As atividades transversais de coleta e análise de dados não constituíram etapas isoladas e estanques. De acordo com Gil (1993) e Teixeira (2007), as mesmas estão sempre estritamente relacionadas e foram conduzidas numa interação constante. Portanto, se desenvolveram por meio de um processo de idas e voltas, interagindo de forma dinâmica à medida que as informações foram coletadas e analisadas, gerando a necessidade de novas buscas de dados. Como principais elementos de sondagem, coleta e análise de dados foram utilizados os instrumentos de entrevista não estruturada, pesquisa documental e pesquisa bibliográfica.

8.3.1 – Entrevistas

Nogueira (1973) afirma que, deve-se recorrer a entrevistas, sempre que se tem necessidade de dados que não podem ser encontrados em registros ou fontes documentais e que se espera que alguém esteja em condições de prover.

Para esta pesquisa foram realizadas entrevistas não estruturadas com os gestores das empresas de cerâmica e da consultoria que implantou o projeto de MDL. O foco das entrevistas foram os investimentos e as decisões empresariais visando o atendimento das exigências do mercado e da sociedade para a competitividade do negócio. O questionário utilizado na entrevista encontra-se no Anexo B.

Com os gestores da empresa de consultoria que implantou o projeto de MDL na cerâmica e que comercializará as toneladas de carbono equivalente reduzidas com a alteração no processo produtivo, as entrevistas aconteceram no sentido de identificar entradas de recursos provenientes dessa comercialização nos mercados VER.

8.3.2 – Pesquisa Documental ou de Fonte Primária

A análise documental visa estudar um ou vários documentos para descobrir as circunstâncias técnicas, ambientais, sociais e econômicas relacionadas; pode ainda, proporcionar ao pesquisador dados ricos a partir da análise de arquivos históricos, registros estatísticos, bibliografias, jornais e revistas, entre outros.

Como fontes primárias foram utilizadas registros contábeis da empresa, planta industrial e documentos eletrônicos.

8.3.3 Pesquisa Bibliográfica ou de Fonte Secundária

O conteúdo de um texto é pertinente e útil na medida em que contribui para

a solução dos problemas propostos. Portanto, a coleta de dados, quanto à perspectiva bibliográfica passou pelos acervos dos órgãos oficiais, periódicos e jornais; textos e livros especializados, estudos realizados por institutos e núcleos de pesquisas e universidades, relatórios de agências governamentais de desenvolvimento e outros órgãos e entidades ligadas a indústria cerâmica e projetos de MDL, teses e dissertações, entre outros.

8.4 Caracterização da Empresa

A empresa objeto de análise localiza-se no município de São Miguel do Guamá, nordeste do Estado, a 140 km da capital paraense. Neste documento a empresa será identificada pelo nome fictício chamado de Gama LTDA. A figura 8.1 apresenta a localização geográfica da Empresa Gama LTDA.

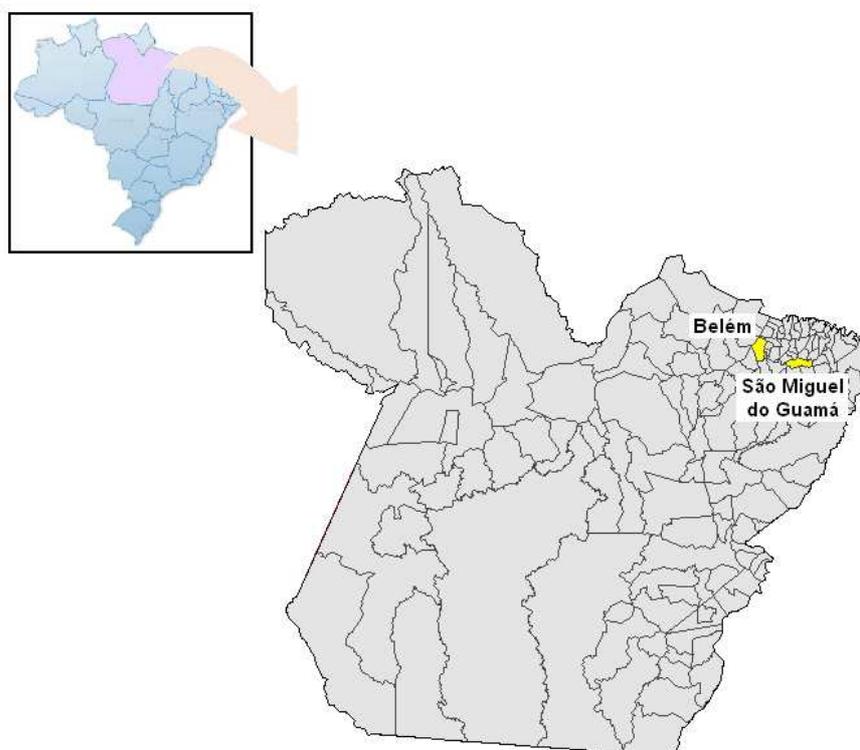


FIGURA 8.1 – Localização geográfica da cerâmica Gama LTDA
Fonte: Clean Development Mechanism – Project Design Document Form

A cerâmica Gama LTDA foi fundada em 20 de novembro de 1990 produzindo

apenas um tipo de produto, blocos de vedação 9X11X19, com capacidade de 300.000 unidades por mês e com 23 funcionários.

Em 09 de dezembro de 2008, marco de obtenção dos dados junto a empresa, há 18 anos após sua fundação a mesma possui de forma direta 48 pessoas divididas em três setores: administração e vendas, produção e extração de argila. Na administração e vendas trabalham os dois proprietários e uma secretária. Na produção há 46 operários e um gerente de produção. Na extração há apenas dois funcionários, que também são ligados à produção, visto que o transporte da matéria prima da área de extração para a fábrica é terceirizada assim como a entrega dos produtos os clientes. A empresa produz atualmente 3 tipos de produtos: telha plan, bloco de vedação 09X14X19 e o bloco de vedação 09X19X19 no total, em média, de 700.000 unidades por mês.

A empresa é gerida pelo proprietário, na função de administrador, por uma assistente administrativa e por um gerente de produção. A contabilidade, assessoria jurídica e ambiental são áreas terceirizadas pela cerâmica Gama LTDA. A figura 8.2 explica como é constituído o organograma da referida empresa.

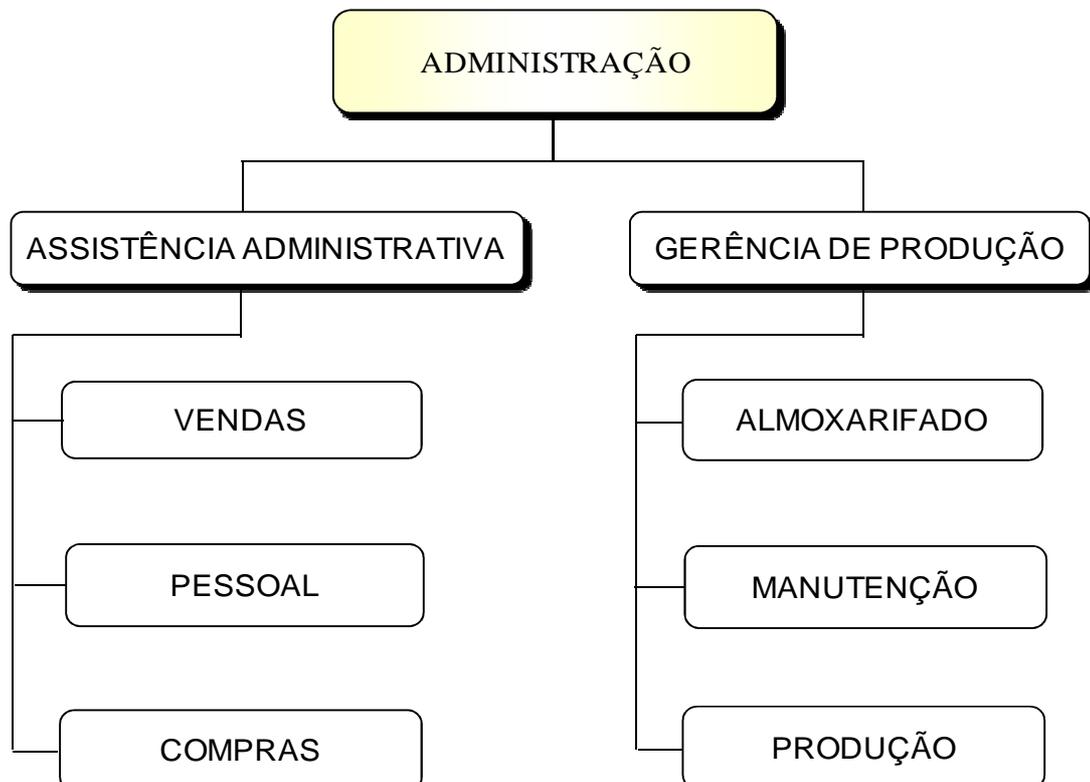


FIGURA 8.2 – Organograma da Cerâmica Gama LTDA

Fonte: Do Autor

8.5 O Processo Produtivo antes da Implantação do MDL

O fluxograma do processo produtivo de fabricação dos produtos é apresentado na figura 8.3.

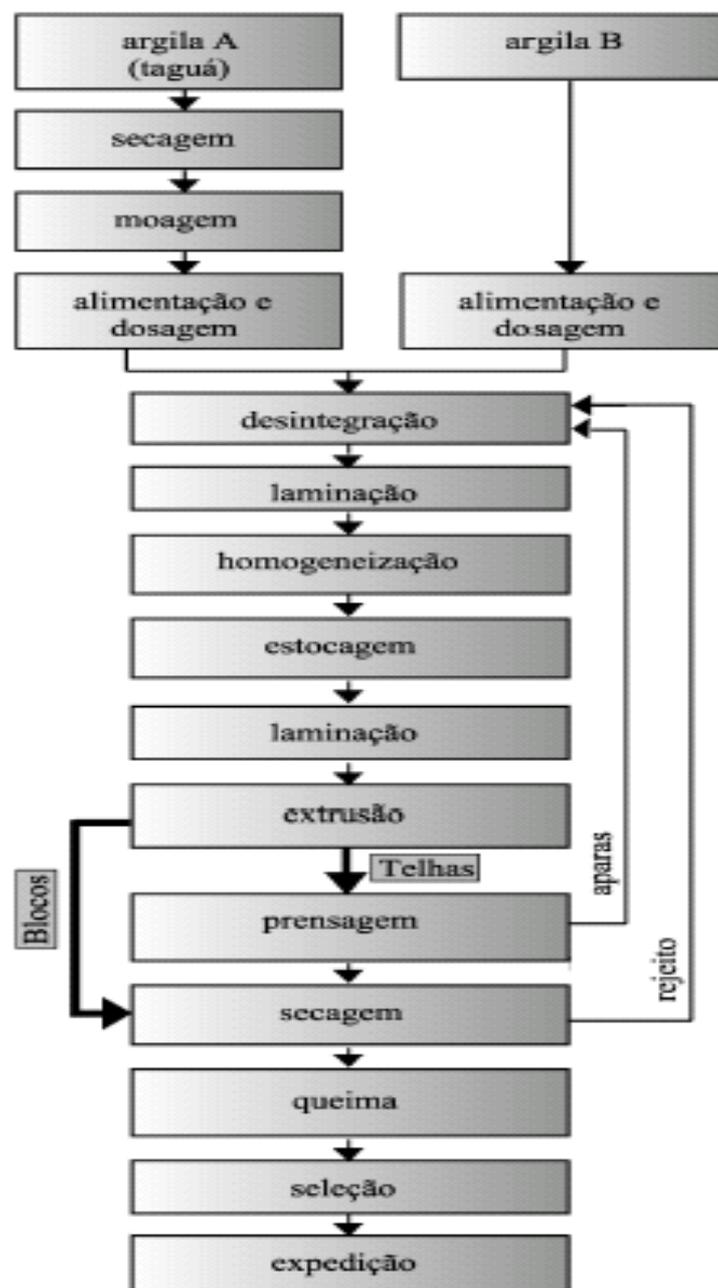


FIGURA 8.3 – Fluxograma do processo produtivo da cerâmica Gama LTDA
Fonte: Do Autor

Dentre as etapas do processo de fabricação descrito na figura 8.3 ressalta-se a etapa de queima, fase de cozimento dos produtos em um forno por meio de energia térmica gerada pela cocção de biomassa. Essa energia é controlada por medidores eletrônicos para que a queima dos produtos não provoque variações nas dimensões dos mesmos, atendendo a NBR 15270-1:2005 da ABNT. Essa é uma das principais preocupações dos empresários ceramistas em termos de investimentos.

A figura 8.4 ilustra um dos fornos da cerâmica Gama LTDA em funcionamento. Observa-se que em frente a fornalha há o material utilizado para geração de energia térmica: lenhas nativa. Esse procedimento, detalhado mais adiante, era adotado pela empresa antes da implantação do MDL.



FIGURA 8.4 – Forno em plena utilização na cerâmica Gama LTDA
Fonte: Empresa Gama LTDA

Na etapa de queima dos produtos cerâmicos, o material utilizado para geração de energia térmica era a lenha nativa, considerada uma biomassa não renovável. O que ameaça a permanência da empresa no mercado em função da disponibilidade futura desse material, da agressão ao meio ambiente gerada pelo desmatamento, o que levará provavelmente a proliferação de legislações ambientais que impeçam e/ou reduzam o desmatamento para tal fim, e a opinião pública que poderá deixar de adquirir produtos que agredem o meio ambiente.

Nos tipos de fornos utilizados pela cerâmica Gama LTDA era consumido em média $2,9\text{m}^3$ de lenha nativa por milheiro de peças fabricadas. Há na empresa cinco fornos com capacidade de queima de 20 mil unidades de produtos por forno, o que leva a um total de 100 mil unidades consumindo 290m^3 de lenha em média sete vezes por mês, totalizando 2.030m^3 de lenha nativa no mês.

Na figura 8.5 visualizam-se a formação de estoques de lenha para uso em um dos fornos da cerâmica Gama LTDA necessários antes da implantação do MDL.



FIGURA 8.5 – Estoque de lenha em frente a um dos fornos da cerâmica Gama LTDA
Fonte: Cerâmica Gama LTDA

Do ponto de vista técnico, ambiental e social o segmento cerâmico industrial precisava utilizar formas de geração de energia térmica que possibilitem a sustentabilidade do empreendimento, inclusive econômica.

Assim, como em qualquer setor empresarial, a aproximação das cerâmicas com o meio científico tende a uma união de esforços em prol de um objetivo comum. A competência de empresas especializadas, também contribuiu para a solução de problemas complexos e sistêmicos, que requer uma seqüência de métodos cientificamente comprovados.

8.6 Implantação do MDL na Cerâmica Gama LTDA

Com a nova questão ambiental em pauta, o aquecimento global, alguns segmentos empresariais necessitaram buscar alternativas de desenvolvimento de seus processos produtivos de maneira sustentável. Ou seja, o modelo industrial tradicional utilizado principalmente pelos países desenvolvidos, e freqüentemente, copiados pelos países em desenvolvimento, já não pode mais ser disseminado devido conseqüências sociais e ambientais drásticas e diante da incompatibilidade dos recursos naturais disponíveis versus os padrões de consumo. As autoridades mundiais provocaram situações que culminaram em mecanismos que incentivaram a geração de processos produtivos limpos e que assegurassem a disponibilização dos recursos naturais às gerações futuras.

Entre os mecanismos desenvolvidos junto ao Protocolo de Quioto está o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – e o mercado de carbono. Ambos já percorridos nos capítulos 1 e 2.

Neste trabalho de dissertação de mestrado especificou-se em analisar a substituição da lenha, uma biomassa não renovável, por uma biomassa renovável, sendo que todos os procedimentos necessários para tal intento se deram formalmente por meio do MDL. Essa substituição possibilitou o registro das reduções de emissões de dióxido de carbono – CO₂ – para serem comercializados no mercado de carbono conforme o Protocolo de Quioto, o qual considera a Redução Certificada de Emissões

– RCE –, e/ou no mercado voluntário por meio de Verificação de Emissões Reduzidas – VER.

No processo de queima dos produtos cerâmicos a lenha nativa utilizada abundantemente foi substituída por caroço de açaí, proveniente do beneficiamento de polpa de açaí, e serragens, oriundas do setor de exploração madeireira.

As figuras 8.6 e 8.7 ilustram o caroço de açaí e a serragem considerada como resíduo do processo produtivo de suas respectivas unidades produtoras; disponibilizados ao ar livre onde levariam certo tempo para se decompor, e que nesse processo de decomposição poluiria o meio ambiente por meio da geração de metano. Já as figuras 8.8 e 8.9 apresentam esses mesmos materiais, mas como insumo no processo produtivo da cerâmica Gama LTDA.



FIGURA 8.6 – Caroço de açaí no pátio de uma beneficiadora de polpa de açaí
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.7 – Serragem no pátio de uma indústria madeireira
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.8 – Caroço de açai próximo ao forno na cerâmica Gama LTDA
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.9 – Serragem próxima ao forno na cerâmica Gama LTDA
Fonte: Cerâmica Gama LTDA

Entretanto, para que se pudesse mudar de material energético para geração de energia térmica, algumas alterações precisaram ser feitas no processo produtivo e na forma de gerenciamento da fábrica em termos de controle e monitoramento do recebimento e da utilização dos novos insumos.

Primeiramente, foi preciso iniciar adequações nos fornos para receber os novos materiais, o que requereu uma série de investimentos. Essas adequações nos fornos levaram a aquisição de dosadores de biomassa, adaptação das fornalhas para receber os dosadores, construção de galpão para estocagem da biomassa, automatismo de queima para reduzir a quantidade de mão de obra direta necessárias para abastecer os dosadores durante a queima e um controle eficaz das entradas de caroço de açaí e serragem.

As figuras de 8.10 a 8.14 apresentam as mudanças ocorridas na fábrica e, principalmente, nos fornos da cerâmica Gama LTDA.



FIGURA 8.10 – Galpão construído na cerâmica Gama LTDA para estocagem de biomassa
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.11 – Adaptação nas fornalhas dos fornos para receber os dosadores de biomassa
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.12 – Automatismo de queima para fornecimento de biomassa aos dosadores
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.13 – Construção do silo do automatismo de queima
Fonte: Cerâmica Gama LTDA



FIGURA 8.14 – Dosadores de biomassa para serem instalados nas fornalhas dos fornos
Fonte: Cerâmica Gama LTDA

A implantação de MDL, conforme apresentada no capítulo 2, confere por meio da substituição de fontes de energia fósseis por fontes renováveis; da racionalização do uso de energia ou da Florestação e reflorestamento, o título de Redução Certificada de Emissões – RCE – e/ou o título de Verificação de Emissões Reduzida – VER –, esse comercializado no mercado de carbono voluntário e aquele no mercado regido pelo Protocolo de Quioto. Ambos os mercados estão descritos no capítulo 1 desta dissertação.

A consultoria, que coordenou e acompanhou a implantação do MDL, registrou as reduções de toneladas de dióxido de carbono equivalente – CO₂e – no decorrer de 10 anos, de 2008 a 2017, segundo a Substituição de Fontes de Energia Fósseis por Fontes Renováveis, ou seja, substituição de lenha nativa por serragem e caroço de açaí, e que podem ser comercializados no mercado de carbono. Esse registro de reduções e todos os procedimentos para o atendimento do mesmo gerou um relatório chamado de *Clean Development Mechanism Project Design Document Form (CDM-SSC-PDD)*.

A análise econômica foi realizada com o auxílio da precificação da Opção de Diferimento ou Adiamento diante das oscilações do preço da TCO₂e, somente no mercado voluntário ou VER, em função da quantificação dos investimentos na implantação do mecanismo considerar a solicitação dos créditos de carbono somente no referido mercado.

8.7 Aplicação do Método de Solução Proposto

O estudo realizado nessa dissertação baseia-se na metodologia proposta por Copeland e Antikarov (2001) a qual foi adaptada conforme condições de contorno. Os passos previstos consideram análise em tempo discreto, que permitiu a identificação do comportamento do projeto a cada período de tempo, o que no caso desta pesquisa corresponde a um ano.

Este item está dividido em duas partes: a descrição das condições de contorno e a aplicação das seis etapas do método de solução proposto.

8.7.1 Premissas de Aplicação do Método

As condições de contorno consideradas para aplicação do método de solução proposto no estudo de caso da pesquisa de dissertação foram:

- ✓ O intervalo para valorar a opção foi de um ano, sendo que a mesma pode ser exercida em qualquer momento do período em análise, o que caracteriza como uma opção do tipo americana;
- ✓ Na avaliação do objeto de estudo desta pesquisa foi considerado somente risco como incertezas para a formação da taxa de desconto do projeto;

- ✓ O ativo negociado foi definido conforme a abordagem da probabilidade neutra em relação ao risco por meio da negação do ativo negociado – MAD – porque considera o valor presente (VP) do projeto sem flexibilidade como sendo o “ativo gêmeo”;
- ✓ O projeto analisado tem um horizonte de tempo de 10 anos, que compreende de 2008 a 2017 conforme *Project Design Document Form (PDD)* da cerâmica em questão realizado pela empresa de consultoria em implantação de MDL. Entretanto, para a realização desta pesquisa foi considerada a manutenção do cenário atual que prevê a vigência do Protocolo de Quioto até 2012, ou seja, o horizonte de tempo para avaliação de implantação do MDL nesta pesquisa foi de 5 anos, em que se considera a permanência de condições atuais e a não estruturação de cenários que considere mudanças nas condições iniciais. Possíveis variações dentro desse período de 5 anos, se considera no trabalho, que podem ser absorvidas pela variação do euro, visto que os valores considerados no estudo está na referida moeda;
- ✓ O projeto de implantação do MDL possui somente capital próprio;
- ✓ A valoração dos créditos de carbono provenientes da implantação do MDL foi obtido pela redução de emissão de CO₂ na atmosfera projetados no *Project Design Document Form (PDD)* da cerâmica, multiplicado pelo preço da tonelada de CO₂e ano a ano;
- ✓ Os preços futuros da tonelada de CO₂e foram gerados aleatoriamente segundo dados históricos, também, definidos por distribuição de probabilidade;
- ✓ A volatilidade consolidada do projeto foi obtida mediante a Simulação de Monte Carlo – SMC – com o auxílio do Crystal Ball 11.1.1.0.00. Sendo que essa volatilidade consolidada foi influenciada pelo preço da tonelada de CO₂e no mercado voluntário – VER;

- ✓ A árvore binomial foi obtida após a definição dos parâmetros u e d , em razão da obtenção da volatilidade do projeto. O programa Microsoft Excel foi usado para desenvolver a árvore binomial, ao considerar, também, os parâmetros p e $(1-p)$;
- ✓ Foi considerada nesta pesquisa somente a inserção da Opção de Diferimento ou Adiamento na árvore binomial para a avaliação do projeto em que se pretende decidir a realização dos investimentos para ntação do projeto de MDL ou o adiamento do mesmo.

8.7.2 Aplicação das Seis Etapas do Método de Solução Proposto

A aplicação das seis etapas do método proposto está descrita nos subitens desse item.

8.7.2.1 Definição do Fluxo de Caixa Líquido

A aplicação do método de solução proposto iniciou com a etapa de montagem do fluxo de caixa, que foi constituído de um conjunto de investimentos iniciais necessários à implantação do projeto, e que foram representados como saídas de recursos financeiro no instante zero, e os gastos e receitas provenientes da comercialização dos créditos de carbono, incorridos no decorrer do período do projeto.

Os investimentos necessários à implantação do MDL foram divididos entre investimentos fixos, no valor de €182.283,52, e consultoria para implantação do mecanismo no valor de €62.207,66. O que segue apresentado no fluxo de caixa da cerâmica Gama LTDA e obtido por meio de entrevista com o empresário e análise de documentos *in loco* na cerâmica.

O tempo a ser considerado na montagem e posterior avaliação do fluxo foi de 5 anos, de 2008 a 2012 que representa o período de vigência do Protocolo de Quito, cenário atual que foi considerado nesta pesquisa. As reduções estimadas de CO₂ emitidos na atmosfera conforme definido ao final da implantação do MDL pela empresa de consultoria é apresentada na tabela 8.1. Sendo que, apenas os cinco primeiros valores de reduções foram considerados neste trabalho.

Tabela 8.1 – Estimativa de redução de emissões durante o período de crédito

Year	Annual estimate of emission reductions per ton of CO ₂ equ
2008	31,644
2009	40,686
2010	40,686
2011	40,686
2012	40,686
2013	40,686
2014	40,686
2015	40,686
2016	40,686
2017	40,686
Total of estimate reductions (tons of CO ₂ equ)	397,819
Number of years of the crediting period	10
Annual average of estimate reductions for the 10 year crediting period (tons of CO ₂ equ)	39,782

Fonte: Clean Development Mechanism – Project Design Document Form

Ainda por meio de entrevistas com o empresário da cerâmica Gama LTDA, obteve-se todos os gastos necessários à solicitação dos créditos de carbono correspondentes a quantidade de reduções conforme ilustradas na tabela 8.1.

Esses gastos foram considerados como saídas constantes no decorrer de todo o período de fluxo de caixa, 5 anos, assegurados pela empresa de consultoria na implantação do mecanismo somente até 2012, e com valores em euros, quando encerra inicialmente o Protocolo de Quioto, a partir desse momento outros valores

deverão ser considerados.

Para o cálculo das receitas futuras que constam no fluxo de caixa do referido projeto, foi considerado a quantidade de redução de CO₂e conforme a tabela 8.1 e o preço da TCO₂e obtido por meio da Simulação de Monte Carlo conforme parâmetros estatísticos de distribuição de probabilidade em que os preços históricos foram analisados.

Com isso encerraram-se a execução da primeira etapa do método no estudo de caso. Entretanto, o fluxo de caixa é apresentado somente após o término da terceira etapa, visto que os resultados da aplicação da segunda e da terceira etapas também foram inclusas no fluxo de caixa.

8.7.2.2 Cálculo do Custo de Capital da Empresa

A segunda etapa diz respeito ao cálculo do custo de capital da empresa. Como a empresa considerada possui somente capital próprio (K_e), e que o FC futuros livre de risco foram utilizados para valorar a opção o conforme a probabilidade neutra em relação ao risco segundo a certeza equivalente apresentada por Copeland e Antikarov (2001), definiu-se o custo de capital ($WACC$) que foi obtido por meio do cálculo do $CAPM$, segundo premissas apresentadas no capítulo 7 e conforme proposto por Assaf Neto (2004), onde:

$$K_e = r_f + \beta(r_m - r_f) + \alpha_{BR} \quad (32)$$

A empresa objeto desta pesquisa se caracterizou como sendo de pequeno porte e de capital fechado. O que dificultou a utilização de parâmetros

relacionados ao risco, tanto de mercado como sistêmico, onde estes foram definidos segundo indicadores de empresas de capital aberto e de grande porte, demonstrando incoerência no simples fato de adotar esses índices pertencentes a alguns setores que não condiziam com a realizada da referida empresa em estudo.

Contudo, a taxa livre de risco seguiu o método de *benchmark* descrito em seguida. Já o prêmio de risco total que foi somado à taxa livre de risco levou em consideração a proposta desenvolvida por Martelanc (1998) na determinação da taxa de desconto para companhias que não operam na bolsa de valores.

- ✓ r_f é a taxa livre de risco que não pode revelar incerteza alguma e que para esta pesquisa foi considerada a média da caderneta de poupança em um período de 10 anos, de 1999 a 2008, e que resultou no valor de 9,07% ao ano, cotação em 28/08/2009 conforme o site http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm, acessado em 28/08/2009;

- ✓ O risco sistêmico teve como parâmetro as escalas de valores definidas por Schilt conforme tabela 8.2, e que para esta pesquisa foi adotada a categoria 4 com prêmio total de risco no valor de 21%; visto que a empresa em questão é de pequeno porte, dependente da habilidade gerencial do proprietário, e que os riscos que envolvem o negócio podem ser considerados, entre outros, a ocorrência de práticas desleais ou ilegais no setor, os incentivos políticos, fatores ambientais e sociais e a adaptação da estrutura dos custos operacionais às exigências do mercado. Essas características são compatíveis com a realidade das empresas do arranjo ao qual pertence a cerâmica objeto desta pesquisa.

Tabela 8.2 – Prêmio de risco proposto por Schilt.

Categorias	Descrição da Empresa	Prêmio de Risco
1	Empresa já estabelecida no mercado com forte posição, boa administração, nível ótimo de financiamento, passado estável de lucros, perspectiva otimista de resultados futuros.	6% – 10%
2	Empresa já estabelecida em ambiente mais competitivo, bem financiada, boa administração, passado estável de lucros, mas os resultados futuros são incertos.	11% – 15%
3	Empresa instalada em mercado altamente competitivo, pouco capital investido, administração fraca, apesar de boa história de lucros passados.	16% – 20%
4	Pequena empresa que depende das habilidades gerenciais de uma ou duas pessoas, ou empresa de grande porte de natureza cíclica em seus negócios. Nos dois casos, os resultados positivos futuros são incertos.	21% – 25%
5	Pequena empresa, dependente de um único proprietário, com lucros bastante incertos.	26% – 30%

Fonte: Martelanc (1998)

Realizados todos esses procedimentos, chegou-se ao valor do custo de capital com a soma da taxa livre de risco ao prêmio de risco total, conforme segue:

$$WACC = K_e = 9,07\% + 21\%$$

$$WACC = 30,07\%$$

8.7.2.3 Cálculo do Valor Presente sem Flexibilidade

Na terceira etapa de aplicação do método de solução foi calculado o valor do projeto sem flexibilidade. As entradas e saídas de recursos financeiros do projeto foram definidas no subitem 8.7.2.1, assim como o custo de capital que foi calculado no

subitem 8.7.2.2. Chegou-se ao VP e ao VPL, ao deduzir-se investimentos iniciais, sem flexibilidade gerencial da cerâmica Gama LTDA. Esse mesmo VP foi projetado na árvore binomial.

O resultado encontrado na avaliação de implantação de MDL sem flexibilidade considerando um custo do capital de 30,07% ao ano foi um VPL de €159.692,20, evidenciado na tabela 8.3.

Os desembolsos iniciais foram referentes a consultoria de implantação do MDL no valor de €62.207,47 e aos investimento fixo, aquisição de máquinas e equipamentos, implantação de controles de recebimentos de biomassa, construção de forno, adaptação de fornos, entre outros, totalizando €182.283,52, e que corresponde ao preço de exercício do projeto, ou seja, é o valor de investimento que deve ser exercido ou deferido.

O VP no instante zero do projeto após a implantação do MDL com o mesmo custo de capital WACC igual a 30,07% ao ano, também está apresentado na tabela 8.3 e seu valor foi de €404.183,19.

TABELA 8.3 – Fluxo de caixa da cerâmica Gama LTDA no mercado VER

FLUXO DE CAIXA									
DESCRIÇÃO	PERÍODOS ANUAIS								
	0	1	2	3	4	5			
USOS									
Investimento Fixo	€ 182.283,52								
Consultoria em MDL	€ 62.207,47	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26
TOTAL DE USOS	€ 244.490,99	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26	€ 8.812,26
FONTES									
TCO ₂ e Reduzidas		31644	40686	40686	40686	40686			
Preço da TCO ₂ e		€ 5,05	€ 5,74	€ 6,39	€ 3,30	€ 4,37			
Créditos de Carbono		€ 159.658,31	€ 233.706,49	€ 260.077,12	€ 134.063,62	€ 177.673,41			
TOTAL DE FONTES	€ -	€ 159.658,31	€ 233.706,49	€ 260.077,12	€ 134.063,62	€ 177.673,41			
FLUXO DE CAIXA LÍQUIDO	€ (244.490,99)	€ 150.846,05	€ 224.894,23	€ 251.264,86	€ 125.251,36	€ 168.861,15			
TIR	70%								
VPL	€ 159.692,20								
WACC	30,07%								
VP	€ 404.183,19								

Fonte: Do Autor

8.7.2.4 Cálculo da Volatilidade Consolidada do Projeto

A quarta etapa na aplicação do método foi o cálculo da volatilidade consolidada do projeto, que neste estudo levou em consideração o preço do CO₂e no mercado VER.

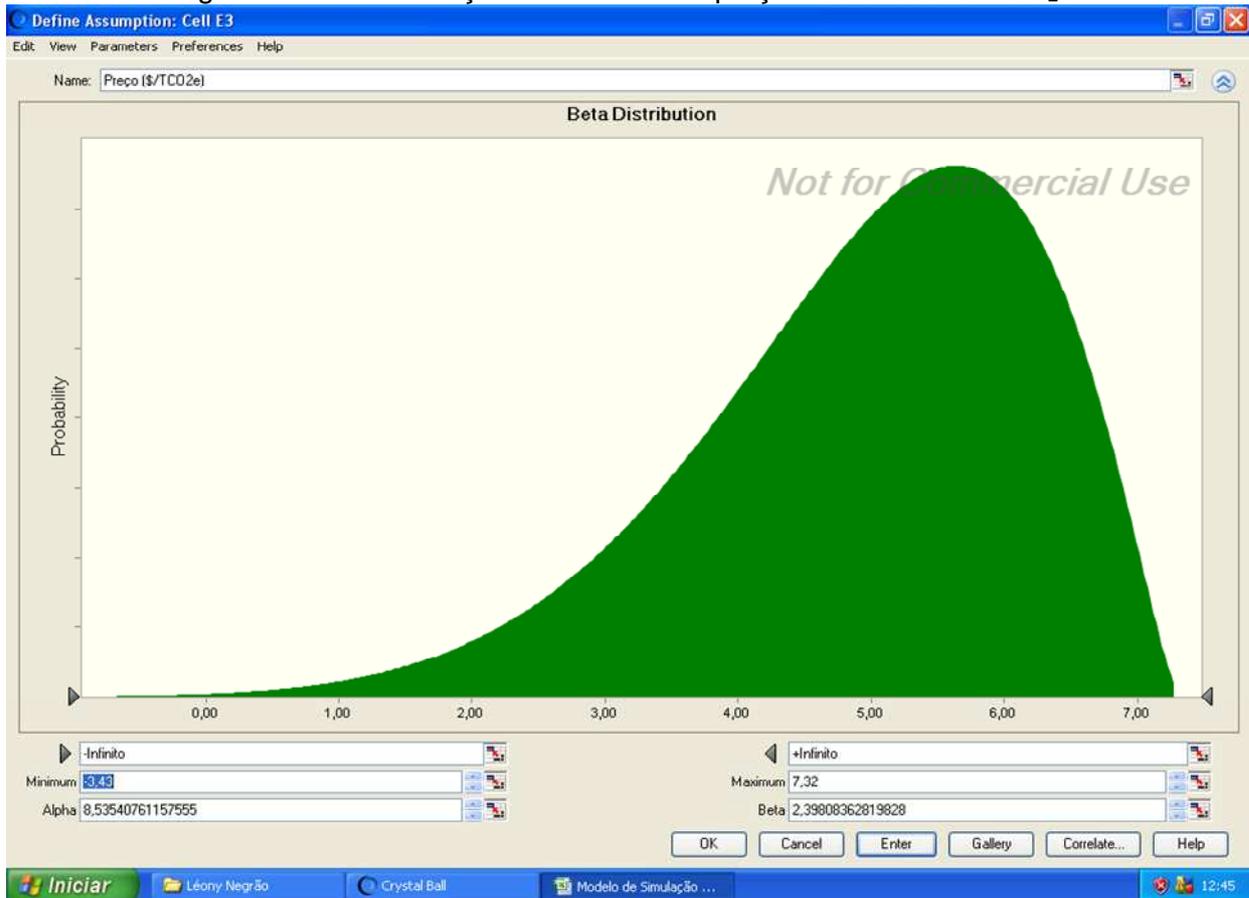
O MDL estimou a quantidade em toneladas de CO₂e a ser reduzida anualmente pela cerâmica Gama LTDA. O único risco considerado no projeto foi a volatilidade dos preços da TCO₂e no mercado VER que o desvio padrão dos preços históricos analisados.

Para chegar-se ao desvio padrão em torno dos valores simulados, foram usados preços históricos do mercado de VER tomando como referência o *Voluntary Carbon Index – VCI* – para os preços praticados, no tipo de projeto metano evitado, no período de maio de 2008 a julho de 2009.

O preços históricos da TCO₂e no mercado VER seguiram uma distribuição estatística do tipo beta com os seguintes parâmetros: $\alpha = 8,5354$ (parâmetro da distribuição), $\beta = 2,3981$ (parâmetro da distribuição), $A = -€3,43$ (limite inferior para o intervalo de dados do referido mercado) e $B = 7,32$ (limite superior para o intervalo de dados do referido mercado). A distribuição dos preços históricos da TCO₂e pode ser confirmada na figura 8.15.

Como os investimentos iniciais realizados no período zero do projeto em análise foram quantificados para a obtenção e comercialização de créditos de carbono apenas no mercado VER, não será avaliado nesta pesquisa os resultados que poderiam ser obtidos no mercado CER.

Os parâmetros da distribuição estatísticas para o preço da TCO₂e no foram utilizados como dados de entrada no modelo de simulação na obtenção da volatilidade consolidada do projeto.

Figura 8.15 – Distribuição estatística dos preços históricos da TCO₂e.

Fonte: Do Autor.

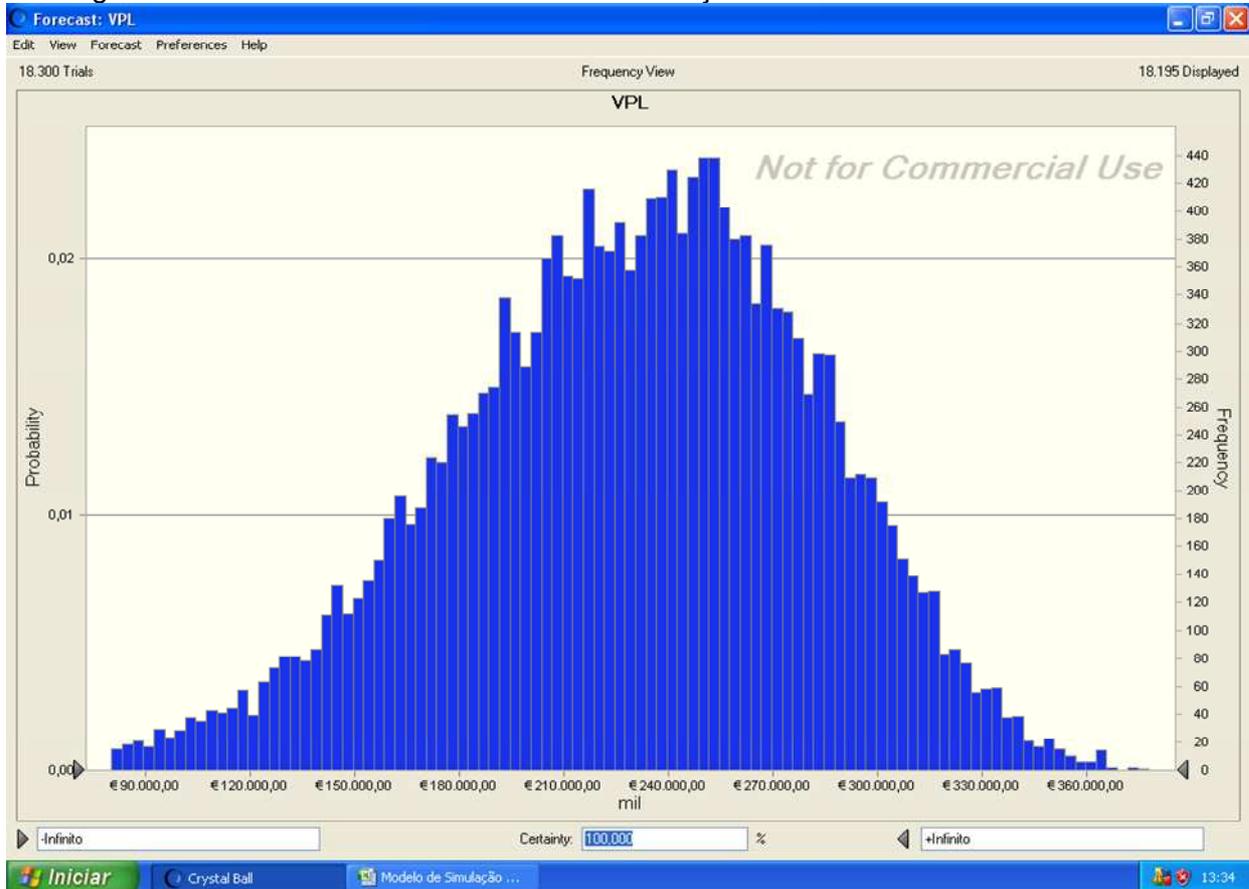
Conforme Samuelson (1965) pode-se combinar as incertezas (riscos) do projeto com a Simulação de Monte Carlo, o que permitiu obter estimativas da volatilidade desse mesmo projeto. Compondo, portanto, a combinação dos riscos que traduziu na volatilidade única do projeto.

Utilizando o programa Crystal Ball 11.1.1.0.00, e por meio da Simulação de Monte Carlo, foi calculado a volatilidade consolidada do projeto. O programa em 20.000 iterações simulou no ano zero de implantação do projeto de MDL um VP do projeto sem flexibilidade de €404.183,19 no mercado VER. Sendo que a cada interação os valores líquidos e futuros do projeto muda em função das gerações dos preços da TCO₂e.

O desvio padrão obtido como resultado da Simulação de Monte Carlo foi 28,70% para o valor do projeto gerado no mercado VER. Esse desvio padrão consolidado pode ser verificado na figura 8.16, e na tabela 8.4, como resultados

disponibilizados pelo software Crystal Ball 11.1.1.0.00, assim como outros indicadores da simulação como VPL médio, mínimo e máximo, entre outros.

Figura 8.16 – Resumo dos resultados da Simulação de Monte Carlo no mercado VER



Fonte: Do Autor.

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados da Simulação de Monte Carlo no mercado VER

Forecast Name	VPL
Trials	20.000
Mean	€ 146.769,78
Median	€ 149.211,31
Mode	---
Standard Deviation	€ 42.122,08
Variance	€ 1.774.269.521,97
Skewness	-0,3491
Kurtosis	3,06
Coeff. of Variability	0,2870
Minimum	€ (47.351,20)
Maximum	€ 269.627,84
Mean Std. Error	€ 297,85
5%	€ 73.162,41
95%	€ 211.491,25

Fonte: Do Autor.

8.7.2.5 Modelagem da Árvore Binomial

A quinta etapa na utilização do método de solução proposto foi a modelagem da árvore de eventos que, conforme premissa do referido método, foi utilizado o modelo binomial para a organização dos eventos.

Conhecido o valor da volatilidade consolidada do projeto, foi construída a árvore binomial sem as flexibilidades gerenciais. Os investimentos iniciais para implantação do MDL, em Teoria de Opções Reais, o preço de exercício foi representado por X e seu valor foi de €182.283,52. O valor do ativo subjacente, ou seja, ou valor presente do projeto, que nesta pesquisa foi representado por VP no instante zero, obtido por intermédio do FCD tradicional, é igual a €404.183,19, no mercado VER.

O VP do projeto foi acrescido de u e decrescido de d conforme a abordagem da probabilidade neutra em relação ao risco p , na situação ascendente, e $(1-p)$ na descendente. E que na certeza equivalente apresentada por Copeland e Antikarov (2001) retornaram valores iguais quando considerada a taxa ajustada ao risco. Essa árvore foi a base sobre a qual se inseriu a OR de Diferimento ou Adiamento.

Para o desenvolvimento da árvore binomial foi necessárias a determinação de alguns parâmetros que seguem:

$$X = €182.283,52;$$

$$VP = €404.183,19;$$

$$\text{Volatilidade do Projeto} = \sigma = 28,70\%$$

$$r_f = 9,07\%$$

$$u = 1,3324,$$

conforme expressão (25)

$d = 0,7505$, conforme expressão (26)

$p = 0,5846$, conforme expressão (29)

$(1-p) = 0,4154$, conforme expressão (30)

$T =$ número total de períodos = 5 anos;

$n =$ número de movimentos ascendentes no valor do ativo = 5

De posse desses valores e com o auxílio de planilhas eletrônicas, conforme apresentado por Copeland e Antikarov (2001), foi construída a árvore binomial, sem a OR considerada nesta dissertação, o que pode ser averiguada na tabela 8.5.

TABELA 8.5 – Árvore binomial para o VP do projeto de €404.183,19

ÁRVORE DE EVENTOS PARA O ATIVO SUBJACENTE						
Período	0	1	2	3	4	5
0	€ 404.183,19	€ 538.543,47	€ 717.568,35	€ 956.105,45	€ 1.273.938,05	€ 1.697.425,91
1		€ 303.344,22	€ 404.183,19	€ 538.543,47	€ 717.568,35	€ 956.105,45
2		€ -	€ 227.663,40	€ 303.344,22	€ 404.183,19	€ 538.543,47
3		€ -	€ -	€ 170.864,05	€ 227.663,40	€ 303.344,22
4		€ -	€ -	€ -	€ 128.235,47	€ 170.864,05
5		€ -	€ -	€ -	€ -	€ 96.242,23

Fonte: Do Autor

8.7.2.6 Cálculo da Opção de Diferimento no Projeto e Modelagem da Árvore com a Opção

Após a realização da quinta etapa do método para a modelagem da árvore binomial com o valor presente do projeto calculado para o período considerado conforme os parâmetros de acréscimo (u) e decréscimo (d) atendendo as probabilidades de ocorrência p e $(1-p)$, respectivamente; foi calculada a opção de

diferimento ou adiamento.

A Opção de Adiamento foi caracterizada pelo exercício da flexibilidade gerencial de postergar (ou deferir) o início de implantação do projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na cerâmica Gama LTDA. Esse evento tende a ser realizado durante o período de 2008 a 2012 conforme condições atuais de vigência do Protocolo de Quioto. O cenário dos preços da tonelada de CO₂e comercializado no mercado VER que viabilize a implantação de mecanismo permitiu o exercício ou não da OR.

Ou seja, o exercício da opção de realizar os investimentos na implantação do projeto ou de deferir os investimentos dar-se-á quando o cenário do preço da TCO₂e for tal modo que justifique pagar por um prêmio de Opção para dispor do exercício no momento adequado para investir os €182.283,52.

Conforme pode ser verificado na tabela 8.6, o exercício da OR, considerando os investimentos para a implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, como sendo viável somente no instante 3, no ano de 2010, onde apresenta um valor de prêmio para a OR de €170.863,76.

TABELA 8.6 – Árvore binomial com valor de premio da OR de €170.863,76, sendo exercida no instante 3.

VALOR DA OPÇÃO DE DIFERIMENTO						
Período	0	1	2	3	4	5
0	€ 396.119,20	€ 523.498,71	€ 689.499,58	€ 903.737,71	€ 1.176.235,60	€ 1.515.142,39
1		€ 303.343,82	€ 404.182,71	€ 538.542,92	€ 717.567,71	€ 956.104,45
2		€ -	€ 227.663,02	€ 303.343,73	€ 404.182,65	€ 538.543,18
3		€ -	€ -	€ 170.863,76	€ 227.662,86	€ 303.343,22
4		€ -	€ -	€ -	€ 128.235,47	€ 170.864,05
5		€ -	€ -	€ -	€ -	€ 96.242,23

Fonte: Do Autor

8.8 Resultados

Como resultado eminente percebido na realização da pesquisa, a OR de Diferimento ou Adiamiento adicionou valor ao projeto de implantação do MDL na empresa objeto de estudo medido pelo VPL sem flexibilidade.

A Opção de Diferimento ou Adiamiento somente será exercida se o VP no instante zero menos o valor de investimento (X) para implantação do projeto for maior que o resultado da expressão $C_0 = \frac{[pC_u + (1-p)C_d]}{(1+r_f)}$, no mesmo instante, e assim sucessivamente em todo o período do fluxo.

Considerando o final de cada período na avaliação de uma Opção de compra americana (nesta pesquisa OR de Adiamiento ou Diferimento) sobre um ativo subjacente sujeito a risco, pressupondo-se um passo ao ano, o valor estimado da referida Opção obtida foi de €396.119,20 no instante zero, que somada ao preço de exercício, supera o seu VP no mesmo instante, o que leva a decisão de adiar a realização do investimento, como isso não exercendo a Opção. O que pode ser confirmado na tabela 8.7.

Esse adiamiento dos investimentos permanece até o período 3, ou o ano de 2010, quando o valor da OR é de €170.863,76 sendo menor que a diferença entre o VP do projeto no instante zero, de €404.183,19, e o preço de exercício de €182.283,52. Dessa forma, como resultado fundamental dessa pesquisa, a Opção de investir no projeto de implantação de MDL deveria ser exercida somente no ano de 2010. Também, evidenciado na tabela 8.7.

Como o VPL do projeto sem flexibilidade no instante zero foi positivo, indicando a viabilidade do mesmo, a decisão de investir na implantação do MDL, o que significa exercer a OR, somente no ano de 2010, possibilita agregar valor àquele VPL em €170.863,76, valor da OR, gerando um VPL expandido de €330.555,96.

Em todos os anos os investimentos foram remunerados considerando um

custo de capital (*WACC*) de 30,07%, uma taxa livre de risco (r_f) de 9,07% e a volatilidade (σ) dos retornos financeiros no valor de 28,70% que compreende a variabilidade consolidada do projeto conforme os valores simulados para o VPL sem flexibilidade e dos preços da TCO_2e no mercado VER.

A tabela 8.7 apresenta um resumo das decisões de exercer (realizar os investimentos em determinado instante) ou não (adiar os investimentos em determinados instantes) para todo o período considerado na pesquisa, e que foi determinada conforme expressões (33) e (34):

$$X + C_n > VP_0 \quad \text{Adiar (não exercer a Opção);} \quad (33)$$

$$X + C_n < VP_0 \quad \text{Investir (exercer a Opção).} \quad (34)$$

Tabela 8.7 – Árvore com os tipos de decisões, enfatizando o exercício da Opção no período 3.

RESUMO DAS DECISÕES EM CADA INSTANTE						
Período	0	1	2	3	4	5
0	adiar	adiar	adiar	adiar	adiar	adiar
1		adiar	adiar	adiar	adiar	adiar
2			adiar	adiar	adiar	adiar
3				investir	adiar	adiar
4					investir	investir
5						investir

Fonte: Do Autor

8.9 Limitações da Pesquisa

O trabalho foi feito em uma única empresa do arranjo produtivo de São Miguel do Guamá. As generalizações dos resultados obtidos necessitaram de novas pesquisas, notadamente no que se referem às demais empresa do referido *cluster* e até mesmo de outros pólos.

Os resultados obtidos nessa pesquisa consideraram somente estudo sobre a precificação da Opção de Diferimento. Com a realização de novas pesquisas, outras opções podem ser estudadas.

O período analisado para realização do estudo considerou o intervalo de 2008 a 2012. Provavelmente, a realização do estudo em outros períodos de tempo produza resultados diferentes dos aqui apresentados.

9 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A presente pesquisa teve como objetivo realizar a avaliação econômica da implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo em uma empresa de cerâmica vermelha, à luz de metodologia da Teoria de Opções Reais, em que foi considerada a Opção de Diferimento ou Adiamento.

A avaliação considerou um período estimado de validação do Protocolo de Quioto de 2008 a 2012. Entretanto, a consultoria realizada para implantação do mecanismo estimou reduções de CO₂ durante o período de 2008 a 2017. Os investimentos e despesas de consultoria, assim como as receitas provenientes da venda dos créditos de carbono foram projetados conforme aquele intervalo de tempo por um prazo de 5 anos.

O prazo de 5 anos, também, devido a manutenção dos valores de consultorias comprometidos pela empresa de consultoria na implantação do MDL e na verificação e validação dos créditos de carbono comercializados a cada período de tempo. A partir de 2012, a empresa de consultoria não assegura mais os valores dos referidos gastos.

Foi considerada a estrutura de capital constituída somente por recursos próprios, como de fato ocorreu, e foi obtido o valor presente do projeto sem flexibilidade operacional.

Com base nessas considerações foi realizada a inclusão da OR que representou a quantificação da flexibilidade gerencial traduzida e associada a Opção de Adiamento ou não dos investimento necessários à implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para geração e solicitação dos créditos de carbono no mercado VER.

Utilizou-se como incertezas (riscos) para o exercício ótimo da Opção, os preços da tonelada de CO₂e no referido mercado.

A questão de pesquisa levantada neste trabalho foi atendida, apontando no instante 3, ou o ano de 2010, como sendo o momento ideal para exercer a Opção, ou seja, a realização dos investimentos necessários à implantação do mecanismo.

A primeira hipótese foi confirmada com a geração e quantificação de redução dos créditos de carbono pela empresa cerâmica em estudo por meio da implantação do MDL por meio da substituição da matriz energética.

O mesmo se ratificou para as outras duas hipóteses em que consideraram a Teoria de Opções Reais como sendo a técnica que proporciona resultados de avaliação condizentes com o objeto de estudo quando comparada com o Valor Presente Líquido ou outro método equivalente, visto que na Análise de Opções Reais a Opção de Diferimento ou Adiamento foi quantificada o que possibilitou ao tomador de decisão uma flexibilidade gerencial não disponibilizada pelos métodos de avaliação tradicional.

A análise de Opções Reais por meio da Opção de Diferimento ou Adiamento em uma empresa de cerâmica vermelha possibilitou a disponibilização de informações coerentes contribuindo com as tomadas de decisões gerenciais de viabilidade econômica, algo ainda inédito no setor. O que levou a exprimir o pleno atendimento dos objetivos da pesquisa.

Os dados estimados permitiram avaliar a implantação do projeto de MDL na empresa cerâmica de acordo com o método proposto. Foi obtido o VP sem flexibilidade, e por meio da Simulação de Monte Carlo consolidou-se a volatilidade do projeto. Este dois dados, VP e volatilidade, somados à taxa livre de risco, com análise discreta, possibilitaram desenvolver uma árvore de eventos sem flexibilidade. A essa árvore foi incorporada a flexibilidade correspondente a Opção de Diferimento ou Adiamento.

Os resultados traduzidos em aumento de valor da implantação do MDL

comparado ao valor da empresa sem o projeto com a inserção da Opção Real de Diferimento, demonstram a importância da utilização da metodologia da TOR na avaliação das flexibilidades dos projetos. O que caracterizou a atenção a ser transmitida às flexibilidades gerenciais, que no caso deste estudo, somadas à avaliação tradicional por FCD, possibilitou a obtenção do valor adequado para o projeto.

O valor expandido do projeto, ou o VPL incluindo a flexibilidade gerencial de realizar o investimento na implantação do MDL ou de Deferir o investimento foi de €330.555,96 considerando o valor da OR obtida de €170.863,76 em relação ao VPL sem flexibilidade gerencial de €159.692,20, o que agregou valor ao projeto na justificativa de viabilidade da realização do investimento ou preço de exercício de €182.283,20 para implantação do projeto de MDL.

Importante ressaltar a contribuição da pesquisa no sentido de suprir os empresários do setor por meio da disponibilidade de informações confiáveis e coerentes com suas realidades, contribuindo com o processo de tomada de decisão empresarial possibilitando a perseverança sustentável dos empreendimentos.

Outra contribuição está no fato de que a avaliação desse tipo de empreendimento ser muito peculiar, sendo que no setor de cerâmica industrial, a implantação de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo objetivando a comercialização de créditos de carbono, sendo avaliado por Teoria de Opções Reais, ainda não existia. O que torna um marco para o setor e que poderá estender-se para outras empresas do mesmo segmento dentro ou fora do Estado do Pará.

O mesmo ocorre com a utilização da Opção de Diferimento, onde a aplicação em mais de um período para valoração do prêmio de Opção por meio do Modelo Binomial, conforme realizado nesta pesquisa se configurou como algo desafiador diante da indisponibilidade de referências bibliográficas. O que reforça a contribuição, neste campo, desta pesquisa.

Ressalta-se ainda o encontro em Copenhague na Dinamarca dos principais líderes mundiais para debater índices de aquecimento global e redução de emissão de

gases de efeito estufa, principalmente pelos países desenvolvidos, entre outros assuntos relacionados. A expectativa é que no encontro, seja prolongado o atual período de vigência do Protocolo de Quioto e a ampliação da redução de emissão dos poluentes. O que tornará o mercado de carbono ainda uma eminente oportunidade de negócio.

E no âmbito acadêmico a utilização deste estudo pode servir como fonte de consulta na possibilidade de abertura de diversos trabalhos futuros relacionados ao tema e ao setor de aplicação.

Por fim, o método proposto contribuiu para o desenvolvimento e utilização da teoria em um ambiente de risco onde convencionou coerentemente os parâmetros necessários para a geração e obtenção dos resultados. O que reforçou a aplicação do método considerando as particularidades de cada caso mais que podem seguir as etapas ratificadas pelo estudo de caso desta pesquisa.

Como trabalhos futuros, na avaliação de implantação do MDL em empresas cerâmicas, propõem-se o estudo de outras OR simples e ou compostas equivalentes à flexibilidade gerencial para que se possam comparar os diversos resultados obtidos aos determinados nesta dissertação.

O estudo para a utilização de uma volatilidade variável anual ao longo de toda a vida do projeto, também pode ser estudada por outros trabalhos. Assim como, a continuidade deste estudo ao fim do período analisado no mesmo, considerando outras estimativas de reduções de emissão de CO₂ que deverão ser projetadas conforme condições estruturais da referida empresa, ainda por meio da implantação do MDL.

E por fim, a inclusão na avaliação da implantação do MDL o mercado de Certificado de Redução de Emissões – CER – considerando os investimentos necessários às fases para solicitação dos créditos de carbono e o preço da TCO₂e nesse mercado.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **Contribuição ao Estudo de Avaliação de Empresas no Brasil:** uma aplicação prática. Ribeirão Preto. Tese (Livre Docência). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1:** Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

[...] **Protocolo de Quioto:** à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Tradução: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES.

ALMEIDA, M. L. P. A. **Como Elaborar Monografias.** 4. ed. Belém: Cejup, 1996.

AMRAM, M.; KULATILAKA, N. **Real Options:** Managing Strategic Investment in an Uncertain World. Boston, Harvard Business School Press, 1999.

ARAÚJO, R. O. **Avaliação de opções reais através do método dos mínimos quadrados de Monte Carlo.** Rio de Janeiro, 2004. 137p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

BARAN, F. D. **Avaliação de uma Floresta de Eucaliptos na Presença de um Mercado de Certificados de Emissões de Carbono: uma abordagem por opções reais.** Rio de Janeiro, 2005. 112p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

BRANDÃO, L. E. T. **Uma aplicação da teoria das Opções Reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil.** Rio de Janeiro, 2002. Tese de Doutorado – DEI Pontifícia Universidade Católica.

BRANDÃO, L. E. T.; DYER, J. S.; HAHN, W. J. **Using Binomial Decision Trees to Solve Real Option Valuation Problems**. Decision Analysis, Vol. 0, p. 1-20, 2005a.

BM&F – BOLSA DE MERCADORIAS & FUTUROS – **Mercado de Carbono**, abril. 2007

BM&F – BOLSA DE MERCADORIAS & FUTUROS. Página institucional da BM&F na internet. Destaque. Disponível em: <<http://www.bmf.com.br>>. Acesso em: 30 de março de 2008.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CARVALHO, F. G. **Migração para o mercado livre de energia ou retorno ao mercado cativo: aplicação de um modelo de decisão utilizando opções reais**. Vitória, 2006. Dissertação de Mestrado Profissional – Fundação Instituto Capixaba de Pesquisa em Contabilidade, Economia e Finanças .

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais**. Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2001.

COPELAND, T.; TUFANO, P. A. **Real-World Way to Manage Real Options**. Harvard Business Review, March 2004.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. **Option pricing: a simplified approach**. Journal of Financial Economics, 1979.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Tradução de Bazán Tecnologia e Lingüística; supervisão de Eduardo Fortuna. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

DAMODARAN ONLINE. **Valuation**. Disponível em: <[HTTP://www.damodaran.com](http://www.damodaran.com)>. Acesso em: 02 de junho de 2009.

DIAS, M.A.G.. **Valuation of exploration and production assets: an overview of real option models**. Journal of Petroleum Science and Engineering 44, p. 93-114, 2004.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R. S. **Expandability, Reversibility, And Optimal Capacity Choice**. NBER Working Paper Series. Working Paper 6373. 28 p. National Bureau of Economics Research, Cambridge, MA, USA, January 1998.

EVANGELISTA, L. **Negócios**: empresa do TO vende créditos de carbono. Palmas, 2007.

FAIRBAIRN, G. *Euroinvest*. London: autumn: p. 9, 2003. Disponível em: <http://proquest.umi.com>>. Acesso em 04 de abril de 2008.

GIESEN, E. O caso do Transantiago, em Santiago do Chile. In: **INTERNATIONAL COUNCIL FOR LOCAL ENVIROMENTAL INITIATIVES (Iclei)**. *Mudanças climáticas e desenvolvimento limpo*: oportunidades para governos locais. Disponível em: <<http://www3.iclei.org>>. Acesso em: 03 de abril de 2008.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

HULL, John C. **Options, futures and other derivatives**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2005.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR LOCAL ENVIROMENTAL INITIATIVES (Iclei). **Mudanças climáticas e desenvolvimento limpo**: oportunidades para governos locais. Disponível em: <<http://www3.iclei.org>>. Acesso em: 03 de abril de 2008.

IPEADATA. **Dados Macroeconômicos**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 02 de junho de 2009.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2001.

LESLIE, K. J.; MICHAELS, M. P. **The real power of real options**. The McKinsey Quarterly, 1997. n.3.

LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL**: Guia de Orientação – Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2002. 90p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br> >. Acesso em 30 de março de 2008.

MAGALHÃES JR., F. **Avaliação de campo maduro de petróleo por opções reais**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação de Mestrado Profissionalizante. Faculdades Ibmecc.

MARTELANC, R. **Passos para avaliação de uma empresa de pequeno porte pelo método do valor presente do fluxo de caixa constante.** Temática Contábil, boletim 46/98. p. 1-6, 1998.

MCCARTHY, J. J. et al. (ED). **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** IPCC, 2001. Disponível em: <<http://www.grida.no>>. Acesso em 29 de março de 2008.

MERLIN, S. **Mudanças Climáticas: desafios e oportunidades.** Ecológica Assessoria. 2007.

MERTON, R. C. **Applications of Option-Pricing Theory: Twenty-Five Years Later.** The American Economic Review. June 1998.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. **Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil: um levantamento de perspectiva com o setor produtivo.** Price Waterhouse Coopers. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br> >. Acesso em 30 de março de 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. **Status Atual das Atividades de Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil e no Mundo.** Última compilação do site da CQNUMC: 06 de março de 2008. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br> >. Acesso em 30 de março de 2008.

MONTEIRO, R. C. **Contribuições da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade – uma ênfase no cenário latino-americano.** 2003. 200 f. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOORE, J. H. **Tomada de Decisão em Administração com Planilhas Eletrônicas.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

PAMPLONA, E. de O; MONTEVECHI. J. A. B. **Engenharia Econômica II.** Apostila FUNPAI. São Paulo, 2005.

PORTUGAL, A. L. de S. **Aplicação da teoria das opções reais na avaliação de uma usina hidrelétrica.** Rio de Janeiro, 2007. 135 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

RIBEIRO, M. S. **O tratamento contábil dos créditos de carbono.** Ribeirão Preto, 2005. 90p. Tese de livre docência – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono:** uma aplicação do modelo Cert. Piracicaba, 2003. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira Corporate Finance.** São Paulo, Brasil: Editora Atlas, 1995.

SANTOS, Elieber M.; PAMPLONA, Edson de O. **Teoria das Opções Reais:** uma atraente opção no processo de análise de investimentos. Revista de Administração da USP – RAUSP, v.40, n.3, julho/setembro de 2005.

SANTOS, E. M. **Um estudo sobre a Teoria das Opções Reais, aplicada à análise de investimentos em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).** Dissertação (Mestrado). Escola Federal de Itajubá – EFEI. Itajubá, MG, 2001.

Serviço Brasileiro Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Pará - SEBRAE/PA. **Projeto APL de São Miguel do Guamá. Relatório Final Descritivo do Pólo Oleiro-Cerâmico de São Miguel do Guamá.** Belém. 2004.

Serviço Brasileiro Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Pará - SEBRAE/PA. **Projeto Oleiro-Cerâmico na Região de Paragominas. Relatório de Monitoramento.** Belém. 2005.

Serviço Brasileiro Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Pará - SEBRAE/PA. **Arranjo Produtivo Local de São Miguel do Guamá. Relatório de Consultoria Técnica em Cerâmica Vermelha.** Belém. 2005.

Serviço Brasileiro Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Pará - SEBRAE/PA. **Diagnóstico Organizacional do Pólo Cerâmico Industrial de São Miguel do Guamá.** Belém. 2006.

Serviço Brasileiro Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Pará - SEBRAE/PA. **Projeto Oleiro-Cerâmico na Região de Paragominas. Relatório de Consultoria Técnica em Cerâmica Vermelha.** Belém. 2006.

SHARPE, W. **Portfolio Theory and Capital Markets.** New York: McGraw Hill, 1970.

SILVA NETO, L. A. **Opções:** do tradicional ao exótico. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

TEIXEIRA, E. **As Três Metodologias:** acadêmica, da ciência e da pesquisa. Ed. Petropolis. Rio de Janeiro, 2007.

TRIGEORGIS, L. **Real Option:** Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.

UNFCCC. Página na internet da UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change), 2005a. Contém toda documentação relativa às Conferências entre as Partes (COP/MOP). Disponível em: <<http://unfccc.int>>. Acesso em 30 de março de 2008.

VASQUEZ, O. O caso dos corredores viários na Cidade do México. In: **INTERNATIONAL COUNCIL FOR LOCAL ENVIROMENTAL INITIATIVES (Iclei).** *Mudanças climáticas e desenvolvimento limpo:* oportunidades para governos locais. Disponível em: <<http://www3.iclei.org>>. Acesso em: 03 de abril de 2008.

WOILER, S., MATHIAS, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração e análise.** São Paulo: Atlas, 1997.

ANEXO A: Países Anexo I e Países Anexo B

Os países do Anexo I estão segue listados. Os marcados com (*) são os países do Anexo I e do Anexo B.

Alemanha *	Islândia *
Austrália *	Itália *
Áustria *	Japão *
Beralus	Letônia *
Bélgica *	Liechtenstein *
Bulgária *	Lituânia *
Canadá *	Luxemburgo *
Comunidade Européia *	Mônaco *
Croácia *	Noruega *
Dinamarca *	Nova Zelândia *
Eslováquia *	Países Baixos *
Eslovênia *	Polônia *
Espanha *	Portugal *
Estados Unidos *	Reino Unido *
Estônia *	República Tcheca *
Federação Russa *	Romênia *
Finlândia *	Suécia *
França *	Suíça *
Grécia *	Turquia
Hungria *	Ucrânia *
Irlanda	

Fonte: Adaptado de UNFCCC, 2005.

ANEXO B – Questionário Cerâmica Gama LTDA

- 1) Qual a data de fundação da cerâmica?
- 2) Na época da fundação, quais os produtos, a capacidade produtiva, área construída da empresa e quantos funcionários trabalhavam?
- 3) Em dezembro de 2008, quantos funcionários, quais os produtos, a capacidade produtiva e a área construída?
- 4) Qual o consumo de lenha por milheiro fabricado, capacidade dos fornos e quantos fornos?
- 5) Há algum incentivo fiscal por parte do governo do estado ou federal?
- 6) Quais os valores do PIS, IPI, ISS, ICMS, COFINS E IR?
- 7) Qual foi a produção de 2004, 2005, 2006 e 2007?
- 8) Vendas de 2004, 2005, 2006 e 2007?
- 9) Qual o peso de cada produto?
- 10) Quanta tonelada de argila tem 1m³?
- 11) Custo do m³ da lenha. E o consumo de lenha por milheiro de cada produto?