

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**O VALOR DA OPÇÃO DE PRESERVAÇÃO**  
**DO PARQUE DOS MANGUEZAIS**

**GUILHERME NUNES MARTINS**

**ORIENTADOR: YONY DE SÁ BARRETO SAMPAIO**  
**CO-ORIENTADORA: ANDREA SALES DE AZEVEDO MELO**

**RECIFE**  
**JANEIRO/2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**O VALOR DA OPÇÃO DE PRESERVAÇÃO**  
**DO PARQUE DOS MANGUEZAIS**

**GUILHERME NUNES MARTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Economia (PIMES) da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia.

Orientador: Yony de Sá Barreto Sampaio  
Co-Orientadora: Andrea Sales de A Melo

**RECIFE**  
**JANEIRO/2007**

Martins, Guilherme Nunes

O valor da opção de preservação do Parque dos Manguezais / Guilherme Nunes Martins. – Recife : O Autor, 2007.

94 folhas : fig. , tab. e quadro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Teoria do mercado eficiente. 2. Economia – aspectos ambientais. 3. Proteção ambiental. 4. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável. I. Título.

332.36

332

CDU (1997)

CDD (22.ed.)

UFPE

CSA2007-072

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

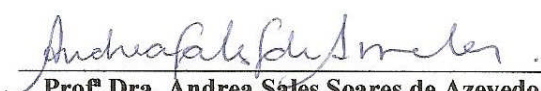
PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO  
MESTRADO EM ECONOMIA DE

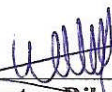
GUILHERME NUNES MARTINS

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Guilherme Nunes Martins **APROVADO**.

Recife, 07/05/2007.

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio**  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dra. Andrea Sales Soares de Azevedo Melo**  
Co-orientadora/Examinadora Interna

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Wellington Ribeiro Justo**  
Examinador Externo/URCA-CE

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus “meninos”, João Guilherme e Júlio, ainda jovens para compreender a magnitude desta minha realização, mas amigos compreensivos diante de tantas faltas; a minha esposa Angelina, companheira das horas incertas, porto seguro do meu refúgio, fonte de carinho e amor nunca escassos e acima de tudo, razão que me faz querer crescer; e a minha mãe Izabel, responsável por tudo que sou hoje, uma pequena mulher, mas uma grande guerreira, suporte de minhas empreitadas, estimuladora de meus projetos, minha fã número um, meu motivo para vencer.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeiramente pelas graças, misericórdias e bênçãos recebidas. Ele cuidou, supriu e providenciou tudo para facilitar a confecção deste trabalho. Aprendi que Ele é grande e forte, que Ele é pai, por isso, sempre me senti amparado, nunca só. Minha admiração e respeito pela força para prosseguir o meu caminho;

Agradeço também a Deus, Senhor supremo, Criador da humanidade, pelo privilégio e a honra de ter convivido com pessoas amigas e companheiras que completaram minha satisfação durante o período que estive no PIMES-UFPE. Desta forma sou muito grato também:

Aos professores João Policarpo Rodrigues Lima e Roberto Alves de Lima pelas recomendações, confiança e estímulo durante esta jornada, obrigado pela participação na transformação das dúvidas e insegurança em alegria e realização.

Ao professor Yony de Sá Barreto Sampaio, Dr orientador deste trabalho, pela confiança desde o projeto de dissertação, também pela simplicidade e profissionalismo que conduziu este trabalho, observados já na graduação quando então conheci um verdadeiro Mestre, disposto e eficiente, incansável na atividade de ensinar, sempre cortês no trato que contribuiu sobremaneira no crescimento intelectual senão de todos que ensinou, da maioria, inclusive o meu.

À Professora Andréa Sales de Azevedo Melo, pela inspiração, orientação segura e principalmente por manter aberta a porta de sua sala para esclarecer dúvidas. Além disso, por ter dispensado momentos preciosos de seu tempo livre para acertar os detalhes deste trabalho, mostrando um espírito cooperativo que fez aumentar ainda mais o meu reconhecimento e admiração. Pelo despertar do interesse pela Economia do Meio Ambiente, campo vasto a espera de exploradores que não tenham medo de desafios. Obrigado pela proposta seminal.

Aos demais professores do Departamento de Economia da UFPE, dentre eles Alexandre Stanford, Ana Katarina, Tiago Cavalcanti, Hermínio Souza, Oswaldo Sarmiento e Francisco Ramos pelo apoio incondicional. O bom relacionamento foi decisivo durante o curso.

Ao professor Wellington Justo membro da banca, pela excelente contribuição nesse trabalho.

A Patrícia, Adriana, Lúcia e Elizângela, time vencedor da secretaria do PIMES, pela colaboração prestada durante o curso. Com elas vi como é importante a missão daqueles que trabalham nos bastidores, fazendo acontecer sem aparecer, tenho certeza que sem elas muitas atividades deixariam a desejar.

Aos amigos Adriana Isola, Chiara França, Edivane Lima, Gilvan Cândido, Joanna Alexopoulos, Joedson Farias, Josemar Júnior, Lucilena Corrêa, Luiz Honorato, Mabel Campos, Márcia Brito, Fernanda Gatto, Maurício Assuero, Michela Gonçalves e Victor Castelo Branco, pela amizade, dedicação e entusiasmo, meu respeito e gratidão a quem foi minha segunda família.

A minha mãe, Izabel, pelo exemplo de trabalho e perseverança, que me fez aprender a viver com dignidade, simplicidade e honestidade, temente a Deus, pois Ele é o princípio de tudo.

Aos meus filhos, João e Júlio, pelo sorriso e carinho quando eu chegava em casa cansado, sinto não ter tido tanto tempo para eles neste período de luta.

A minha esposa e amiga, Angelina, a quem credito grande parte do sucesso alcançado, pela escolha por Recife, deixando Manaus para trás. Não tem como agradecer, sem ela – meu eterno amor, não teria chegado até aqui sozinho.

A CAPES e ao CNPq pela ajuda financeira.

Até aqui nos ajudou o Senhor e por isso estamos felizes.

## RESUMO

Neste trabalho a Teoria das Opções Reais foi utilizada para analisar se uma parte do Parque dos Manguezais, maior área de manguezal urbano do mundo, deve ou não ser utilizada para construção de uma rodovia. Foi demonstrado que a análise do investimento tradicional baseada no fluxo de caixa descontado subestima o valor do recurso natural conduzindo a decisões equivocadas, e que a avaliação por opções reais é a solução mais adequada para decisões desta natureza, por considerar o princípio da precaução, princípio fundamental a ambientes de incerteza, ao assumir a possibilidade da espera para tomada de decisão. Foi considerado que o valor econômico do Parque dos Manguezais segue um processo estocástico, precisamente um movimento geométrico Browniano. A partir disso, foram estimados os valores críticos para o Parque dos Manguezais, os quais permitiram que se concluísse pela necessidade de sua preservação, ou de forma intacta ou como Parque Ecológico.

Palavras-Chave: Eficiência de Mercado, Solução de Conflitos, Tomada de Decisão sob Risco e Incerteza, Políticas Públicas e Recurso Ambiental.

Classificação JEL: D60 D74 D81 Q26



## **ABSTRACT**

In this work the Real Options Theory was used to analyze if an area of the Mangroves Park, the larger urban mangroves area of the world, owes or not to be used for construction of a highway. It was demonstrated that the traditional investment analysis based on the discounted cash flow underestimates the value of the natural resource leading to mistaken decisions, and that the evaluation for real options analysis is the most appropriate solution for decisions of this size because considering principle of the precaution, fundamental principle to adapt uncertainty, when assuming the possibility of the wait for make decision. It was considered that the economical value of the Mangroves Park follows a stochastic process, precisely a geometric Brownian motion. Thus, the critical values for the Mangroves Park were calculating, which allowed that if it ended for the need of its preservation, or in an intact form or as Ecological Park.

Key-words: Efficiency of Market, Solution of Conflicts, Socket of Decision under Risk and Uncertainty, Public Politics e Natural Resource.

Classification JEL: D60 D74 D81 Q26

## LISTAS DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

### LISTA DE FIGURAS

---

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Comparação entre metodologias no processo de tomada de decisões .....               | 34 |
| Figura 2 – Quando as opções reais são valiosas .....                                           | 35 |
| Figura 3 – Equação de Black-Sholes-Merton .....                                                | 39 |
| Figura 4 – Representação do MGB (Preço x Tempo) .....                                          | 45 |
| Figura 5 – Representação do Movimento de Reversão à Média (Preço x Tempo) .....                | 46 |
| Figura 6 – Representação do Modelo Binomial (Árvore Binomial) .....                            | 47 |
| Figura 7 – Situação da ZEPA 2 – Parque dos Manguezais .....                                    | 50 |
| Figura 8 – Primeira Locomotiva Recife-São Francisco (Depois do Cabo) .....                     | 52 |
| Figura 9 – Mapeamento das Comunidades do Entorno do Parque dos Manguezais .....                | 54 |
| Figura 10 – Equivalência de Métodos de Solução de Opções Reais .....                           | 69 |
| Figura 11 – <i>VPL</i> para Projetos de Uso Total do Parque dos Manguezais .....               | 74 |
| Figura 12 – Valor de Opção ( <i>F</i> ) e Prêmio pela Espera para Projetos de Uso Total .....  | 76 |
| Figura 13 – Valores do Parque conforme as Metodologias do FCD e da TOR .....                   | 77 |
| Figura 14 – Custos Totais da Obra da Via Mangue segundo a Análise <i>VPL</i> .....             | 79 |
| Figura 15 – Valor de Opção ( <i>F</i> ) e Prêmio pela Espera para Projetos da Via Mangue ..... | 81 |
| Figura 16 – Custos das Obras conforme as Metodologias do <i>VPL</i> e da TOR .....             | 82 |

### LISTA DE QUADROS

---

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Resumo Geral do Valor Econômico do Recurso Natural .....              | 23 |
| Quadro 2 – Efeito de um Aumento das Variáveis nas Opções de Compra e Venda ..... | 40 |
| Quadro 3 – Condições de Contorno para uma EDP .....                              | 42 |
| Quadro 4 – Fontes Potenciais de Ameaças ao Manguezal .....                       | 61 |
| Quadro 5 – Possíveis Opções de Gerenciamento para o Recurso de Mangue .....      | 62 |
| Quadro 6 – Condições de Contorno para uma EDO .....                              | 68 |

### LISTA DE TABELAS

---

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Domicílios Particulares Permanentes – Rendimento Nominal – 1996 (%) .....     | 55 |
| Tabela 2 – Domicílios Particulares Permanentes – Rendimento – 1991 e 2000 .....          | 56 |
| Tabela 3 – Principais Ocupações dos Moradores – Por Gênero – 1996 (%) .....              | 57 |
| Tabela 4 – Valores Encontrados para Opções para DAP: R\$ 3,40 (Em Milhões de Reais) .... | 83 |
| Tabela 5 – Valores Encontrados para Opções para DAP: R\$ 7,05 (Em Milhões de Reais) .... | 83 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| Abreviatura    | Significado                                                   |
|----------------|---------------------------------------------------------------|
| AAD            | Análise pela Árvore Decisão ou <i>DTA</i> em inglês           |
| ADEMI-PE       | Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco  |
| AOR            | Análise de Opções Reais ou <i>ROA</i> em inglês               |
| ASP            | Análise Social de Projetos                                    |
| B/C            | Razão Benefício / Custo                                       |
| COMPESA        | Companhia Pernambucana de Saneamento                          |
| DAP            | Disposição A Pagar                                            |
| DAR            | Disposição A Receber                                          |
| DLU            | Diretoria de Limpeza Urbana                                   |
| EMLURB         | Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana                        |
| EDP            | Equação Diferencial Parcial                                   |
| EDO            | Equação Diferencial Ordinária                                 |
| ET             | Excedente Total                                               |
| FCD            | Fluxo de Caixa Descontado                                     |
| ha             | hectare (medida agrária equivalente a 10.000 m <sup>2</sup> ) |
| IPTU           | Imposto Predial Territorial Urbano                            |
| m <sup>2</sup> | metro quadrado                                                |
| MB             | Marinha do Brasil                                             |
| MGB            | Movimento Geométrico Browniano                                |
| MVC            | Método de Valoração Contingente                               |
| NOAA           | <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>        |
| ONU            | Organização das Nações Unidas                                 |
| PCR            | Prefeitura da Cidade do Recife                                |
| PRM            | Processo de Reversão à Média                                  |
| RPA            | Região Político-Administrativa                                |
| VPL            | Valor Presente Líquido ou <i>NPV</i> em inglês                |
| TOR            | Teoria das Opções Reais ou <i>ROT</i> em inglês               |
| TIR            | Taxa Interna de Retorno ou <i>IRR</i> em inglês               |
| ZEPA           | Zona Especial de Proteção Ambiental                           |

## SUMÁRIO

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                              | <b>11</b> |
| <b>2. VALORAÇÃO DE ATIVOS AMBIENTAIS .....</b>                          | <b>18</b> |
| 2.1 VALORAÇÃO ECONÔMICA E OS MÉTODOS EXISTENTES .....                   | 18        |
| 2.2 MÉTODO DE VALORAÇÃO CONTINGENTE E A DAP .....                       | 25        |
| <b>3. AVALIAÇÃO SOCIAL DE PROJETOS .....</b>                            | <b>28</b> |
| 3.1 ANTECEDENTES .....                                                  | 28        |
| 3.2 AVALIAÇÃO TRADICIONAL USADO O MÉTODO DO FCD.....                    | 29        |
| 3.3 AVALIAÇÃO PELA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS.....                         | 31        |
| 3.3.1 Histórico das Opções Reais .....                                  | 31        |
| 3.3.2 Perfil das Opções Reais .....                                     | 34        |
| 3.3.3 Métodos de Avaliação .....                                        | 38        |
| 3.3.3.1 Ativos Contingentes ( <i>Contingent Claims Analysis</i> ) ..... | 39        |
| 3.3.3.2 Programação Dinâmica.....                                       | 43        |
| 3.3.4 Processos Estocásticos .....                                      | 44        |
| 3.3.5 Métodos Numéricos .....                                           | 46        |
| 3.3.6 Simulação Monte Carlo (SMC).....                                  | 48        |
| <b>4. O PARQUE DOS MANGUEZAIS .....</b>                                 | <b>50</b> |
| 4.1 ÁREA E LOCALIZAÇÃO .....                                            | 50        |
| 4.2 EVOLUÇÃO DO TECIDO URBANO.....                                      | 51        |
| 4.3 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS DA REGIÃO .....                    | 54        |
| 4.3.1 Renda Familiar .....                                              | 55        |
| 4.3.2 Trabalho e Lazer.....                                             | 57        |
| 4.3.3 Infra-Estrutura das Comunidades do Entorno .....                  | 58        |
| 4.4 ASPECTOS BIÓTICOS DO MANGUEZAL.....                                 | 59        |
| 4.4.1 Ambiente Aquático – Qualidade da Água.....                        | 59        |
| 4.4.2 Vegetação .....                                                   | 59        |
| 4.4.3 Fauna .....                                                       | 60        |
| 4.5 FONTES POTENCIAIS DE AMEAÇAS .....                                  | 61        |
| 4.6 OPÇÕES DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS DO MANGUE .....                | 62        |
| <b>5. METODOLOGIA .....</b>                                             | <b>64</b> |
| 5.1 DETERMINAÇÃO DO VALOR PRESENTE DO PARQUE .....                      | 65        |
| 5.2 MODELO DE OPÇÕES PARA O PARQUE DOS MANGUEZAIS .....                 | 65        |
| <b>6. UM MANGUE QUE VALE A PENA SER PRESERVADO .....</b>                | <b>71</b> |
| 6.1 DECISÃO DE USO TOTAL .....                                          | 73        |
| 6.2 DECISÃO DE USO PARCIAL .....                                        | 78        |
| 6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....                                        | 84        |
| <b>7. CONCLUSÕES .....</b>                                              | <b>87</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                 | <b>90</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme Pearce e Turner (1990) foi a partir dos anos 1960 que a questão ecológica passou a fazer parte das discussões entre os economistas, cuja maioria, salvo notáveis exceções, parecia acreditar que o meio ambiente não impunha restrições à atividade econômica. As projeções de ecologistas sobre a extinção dos recursos naturais e suas conseqüências na economia mundial alertaram para a necessidade do tratamento das questões ambientais nos estudos econômicos. A partir de então, muitas pesquisas relacionadas aos recursos ambientais passaram a acontecer de forma mais sistemática dentro da ciência econômica.

A extinção dos recursos naturais é fenômeno previsto, que faz parte do ciclo evolutivo; o problema é que a ação direta do homem elimina etapas e acelera este processo drasticamente, começando com a diminuição dos estoques disponíveis na natureza e terminando com o esgotamento das reservas. Este não seria um problema<sup>1</sup> se este esgotamento não afetasse a qualidade de vida do homem, ou através de suas atividades produtivas, ou através de suas ações de lazer. Se for possível pensar, por exemplo, na camada de ozônio como um recurso em extinção e o aquecimento global como uma conseqüência, podem-se citar inúmeros trabalhos na literatura econômica ambiental que relatam seus drásticos impactos sobre a economia<sup>2</sup> e sobre a felicidade das pessoas<sup>3</sup>.

Esta tendência relativa à extinção dos recursos naturais se dá principalmente porque a sua grande maioria apresenta características de recurso comum<sup>4</sup>. Tal comportamento é justificado pela falta de direito de propriedade, o que caracteriza a inexistência de mercado.

---

<sup>1</sup> Tendo como ponto de vista o antropocentrismo.

<sup>2</sup> Ver Relatório do Banco Mundial (2007) em que os cientistas concluíram com 90% de certeza que a ação do homem provocou o aquecimento global. A temperatura terrestre deve aumentar até o final do século em 3° C, como conseqüência do efeito estufa.

<sup>3</sup> Ver Abromovitz (1993), Carson (1994), Romeiro (1999, 2000) A consideração da questão ambiental surgiu com o questionamento da idéia de que produzir e consumir mais é sempre melhor, que começou a ser difundida nos Estados Unidos nos *surveys Gallup* e *National Opinion Research Center*.

<sup>4</sup> Não excludente, mas rival. Mais detalhes ver Varian (2003) e Mankiw (2005).

O gerenciamento dos recursos naturais é, então, importante, cabendo ao Estado a responsabilidade de elaboração de políticas públicas com este fim. A política deve visar garantir alocações eficientes<sup>5</sup> dos recursos num contexto de desenvolvimento sustentável<sup>6</sup>.

Do ponto de vista tradicional na economia o grau de escassez é medido pelo preço do bem, que é considerado o sinalizador e orientador das decisões econômicas. Como para o caso do bem ambiental não existe este preço, problemas gerados ao meio ambiente são interpretados como falhas de mercado. As externalidades negativas<sup>7</sup> da atividade produtiva em geral são exemplos dessas falhas, que poderiam ser corrigidas através da mensuração do tamanho do dano causado. Entretanto, para que se tenha o tamanho deste dano, em termos de valor monetário, é preciso que se tome como base o preço do bem.

Por isso, a economia do meio ambiente tem como principal preocupação, e fator mais importante para o desenvolvimento sustentável, a correta avaliação dos benefícios dos recursos naturais. É o resultado desta avaliação que representará o valor econômico (preço) do bem e se for cometido algum erro no momento da valoração, as decisões decorrentes da avaliação podem ser equivocadas trazendo consequências irreversíveis, como se tem visto para alguns casos de perdas de ativos ambientais<sup>8</sup>. É desta avaliação que se externa o verdadeiro custo de oportunidade de degradação ambiental.

Esta dissertação se insere no contexto destas preocupações, com o objetivo de estimar o verdadeiro custo de oportunidade do aterramento de uma área de mangue, do Parque dos Manguezais, para a sociedade do Recife-PE.

O Parque dos Manguezais, localizado no Recife, no bairro do Pina, ocupa uma área de 307,83 ha, dos quais 225,82 ha (73%) são de cobertura vegetal com uma grande diver-

---

<sup>5</sup> Eficiência de mercado está relacionada a economia do bem-estar. Quando o mercado faz alocações de recursos eficientemente o Excedente Total (ET) é máximo.  $ET = \text{Excedente do Consumidor} + \text{Excedente do Produtor}$ .

<sup>6</sup> Desenvolvimento sustentável segundo definição do Relatório Brundtland, de 1987 é aquele que atende às necessidades da geração presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem as suas.

<sup>7</sup> Externalidade é o impacto das ações de uma pessoa sobre o bem-estar de outra pessoa que não toma parte da ação. Quando o impacto é adverso a externalidade é negativa, quando gera benefício a externalidade é positiva.

<sup>8</sup> O exemplo de aterramento de áreas de mangue ou utilização não sustentável dos seus recursos.

sidade de espécies da fauna e da flora, sendo considerado a maior reserva urbana de mangue do mundo (SILVA, 2001). O Parque foi instituído como Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPA 2<sup>9</sup>) pela Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS – RECIFE, 1996) para promover a preservação de suas características ambientais. Da preservação ambiental desta zona depende o equilíbrio ecológico dos estuários dos rios Pina, Jordão, Tejipió e Capibaribe.

Além da Lei Municipal para preservação do mangue, existe uma Lei Federal<sup>10</sup> que estabelece que a vegetação de mangue é área de preservação permanente, não podendo ser destruída. A existência de uma lei federal revela a importância ambiental dos manguezais. Em outubro de 1996 a Prefeitura da Cidade de Florianópolis foi condenada a pagar uma indenização de R\$ 648,8 mil pela destruição do mangue localizado no norte da ilha de Santa Catarina. A prefeitura foi responsabilizada porque aprovou o loteamento Balneário Daniela em março de 1972, contrariando a lei federal que já vigorava àquela época (AGIRAZUL, 1996).

A necessidade de se calcular o custo de oportunidade do Parque dos Manguezais se dá pela perspectiva de seu aterramento para construção de uma rodovia que visa desafogar o trânsito da zona sul da cidade. Em 2003, a Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) apresentou à sociedade uma proposta de intervenção urbana e de preservação ecológica cujos objetivos são complementar o sistema viário local, solucionar o problema do trânsito da zona sul da cidade e preservar o manguezal – O Projeto Via Mangue<sup>11</sup>.

No primeiro projeto da via Mangue, divulgado no *site* da PCR, a avenida seria construída sob uma estrutura suspensa para agredir menos ao mangue, rios e canais da região. Estava previsto o comprometimento de 4,40 ha do manguezal, cerca de 1,4% da área total, enquanto a outra proposta concorrente do governo anterior que também tinha o mesmo objeti-

---

<sup>9</sup> Em recente pesquisa, a PCR avaliou nove Zonas Especiais de Proteção Ambiental (ZEPA) para ou transformá-las em área de conservação ou liberá-las para urbanização. De todas, apenas o Parque dos Manguezais não se encontrava em processo de degradação ambiental (RECIFE, 1996).

<sup>10</sup> Lei Federal Nº 4.771/65 (Código Florestal) – Artigo 2º diz que: “ – *Consideram-se áreas de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, florestas e demais formas de vegetação situadas: [...] (f) nas restingas; como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues*”. (BRASIL, 1965)

<sup>11</sup> Disponível em <http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/viamangue.html> - Acesso: Janeiro de 2007.

vo – a Linha Verde<sup>12</sup> – previa a utilização de 25,04 ha do mangue, aproximadamente 8,3% da área total. Além disso, era previsto a implantação de um parque ecológico e revitalização de áreas já degradadas. Entretanto, devido aos custos elevados e visando atender a interesses imobiliários, o projeto foi modificado<sup>13</sup> e a via deixou de ser suspensa e passou a ser planejada como aterrada, assim como a proposta apresentada pelo governo anterior. Além disso, a implantação do parque e a revitalização de áreas entre outras atividades não seriam mais contempladas, para baratear a obra.

Leite e Melo (2004) estimaram o valor monetário a área do Parque dos Manguezais pelo Método de Valoração Contingente (MVC), que se baseou num levantamento amostral e modelagem de dados cujo objetivo foi obter a “disposição a pagar” (DAP) da população para preservar o Parque dos Manguezais. Nesse trabalho os autores utilizaram um modelo binário de regressão logística (*LOGIT*) para se estabelecer a DAP média.

E Leite (2006) utilizou os mesmos dados da pesquisa que fez com Melo, desta vez, em um novo modelo econométrico, flexível quanto à forma, ajustado para não admitir valores negativos, concluindo que o novo modelo paramétrico, o de regressão beta, proposto por Ferrari e Cribari-Neto em 2004 (*apud* LEITE, 2006), é mais adequado para estimar a DAP pela preservação do mangue devido ao fato do novo modelo de regressão utilizar a flexibilidade da distribuição beta para ajustar as diferentes formas de assimetria, e também por satisfazer os critérios mínimos para estimação da DAP<sup>14</sup>.

Esta pesquisa partiu dos valores obtidos por Leite e Melo (2004) e Leite (2006), que representam os fluxos anuais dos benefícios líquidos do Parque dos Manguezais, para calcular o valor de opção do parque. Na análise foi considerado um horizonte temporal infinito, em que foram modeladas as opções de intervenção urbana da PCR, através da construção

---

<sup>12</sup> A Linha Verde foi a proposta de intervenção urbana do governo anterior. O objetivo era a construção de uma via aterrada na área do mangue. Na época o projeto foi alvo de muitas críticas, pois, o empreendimento seria custeado com dinheiro público e entregue para uma empresa privada que o administraria e cobraria pedágio.

<sup>13</sup> De acordo com entrevista com técnicos da prefeitura responsáveis pelo projeto Via Mangue.

<sup>14</sup> Conforme painel do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), ver Leite (2006, pp. 4-6).



da Via Mangue, contrapondo ao valor da opção de preservação do Parque dos Manguezais. Foi desenvolvida também uma nova regra de decisão para ajudar aos órgãos gestores no processo de tomada de decisão.

Na modelagem foram consideradas as duas propostas da Via Mangue, a construção de uma via suspensa que utilizaria 1,4% da área do mangue e a construção de uma via aterrada nos moldes da Linha Verde, cujo percentual de utilização do manguezal é de aproximadamente 8,3%.

A Teoria da Opção Real (TOR) foi utilizada como método de avaliação de investimentos, em detrimento do método do *VPL*, tradicionalmente utilizado, pois, conforme Copeland e Antikarov (2003) a espera por um melhor momento para exercer um investimento irreversível tem um custo de oportunidade que não é captado pelo método tradicional.

Com base no seguinte problema de pesquisa: qual o valor da opção de preservação do Parque dos Manguezais? e na elaboração do modelo para a aplicação da TOR, a investigação se propôs a testar basicamente duas hipóteses: em primeiro lugar, testar se o uso da metodologia de avaliação com base na TOR é uma alternativa viável para os problemas apresentados pela metodologia do *VPL*, que tende a subestimar toda a avaliação de projetos, principalmente aqueles, com características de *timing*, incerteza e irreversibilidade, preenchendo suas lacunas porque incorpora a flexibilidade gerencial nas decisões; e, em segundo lugar, testar se as DAP média estimada por Leite e Melo (2004), e por Leite (2006) para traduzir a preferência dos consumidores pela preservação ambiental do Parque dos Manguezais são suficientes para justificar a escolha pelo não uso do ativo ambiental.

Para esta dissertação foi estabelecida uma estrutura composta por sete capítulos, a partir do problema de pesquisa e dos objetivos propostos. Neste primeiro capítulo, foi elaborada uma visão panorâmica da importância e atualidade do tema, do problema de pesquisa

investigado, das hipóteses que foram testadas e dos objetivos delineados a fim de proporcionar um conhecimento macro da pesquisa.

O segundo capítulo faz uma introdução às técnicas de valoração de ativos ambientais. Inicialmente é abordada a importância da valoração econômica para inserir o meio ambiente no processo de tomada de decisão, visando o desenvolvimento sustentável. São apresentadas algumas características que tornam esta atividade não trivial, as parcelas que compõem o valor econômico total de um ativo ambiental e as principais técnicas de valoração. Para finalizar o capítulo foi feito um resumo do Método de Valoração Contingente (MVC), devido ao mesmo ter sido usado nas pesquisas que estimaram a DAP do Parque dos Manguezais.

O capítulo três trata da avaliação social de projetos públicos, tendo em vista que fazer política ambiental é fazer política social. São abordados o método de avaliação tradicional baseado no Fluxo de Caixa Descontado (FCD) do projeto e o método das opções reais, que se trata de uma evolução do anterior ao preencher suas lacunas, pois incorpora a flexibilidade gerencial no processo de tomada de decisão.

No quarto capítulo foi feita a caracterização do Parque dos Manguezais, ativo ambiental avaliado, abordando sua área e localização, evolução do tecido urbano, características sócio-econômicas, uso e ocupação do solo e infra-estrutura das comunidades que vivem no entorno do parque e aspectos bióticos (água, vegetação e fauna), baseada no Relatório de diagnóstico da Zona Especial de Proteção Ambiental 2 (ZEPA 2) – Parque dos Manguezais, encomendado pela Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) para avaliação de impactos. O capítulo termina relacionando as fontes potenciais de ameaça à preservação do Parque dos Manguezais e as diversas opções de gerenciamento.

O capítulo cinco descreve a metodologia da pesquisa com os procedimentos necessários para comprovar as duas hipóteses estabelecidas. Para comprovar a primeira hipótese foi calculado o valor crítico do Parque dos Manguezais para se justificar a continuidade da

preservação. Este valor crítico (valor de gatilho) foi obtido por programação dinâmica através da solução analítica da equação diferencial (equação de Bellman) restringida pelas condições de contorno que garantem decisões ótimas e seus limites. E para comprovar a segunda hipótese foram calculados dois valores para o Parque dos Manguezais, o primeiro baseado no mercado imobiliário (de acordo com o preço do m<sup>2</sup> da região que se insere) e o segundo baseado na avaliação (valor do m<sup>2</sup>) feita pela Marinha do Brasil, responsável pelo local desde 1940, que tinha estabelecida naquela área uma de suas organizações militares, a Estação Rádio Pina. Os valores calculados foram comparados com os valores críticos do parque. Os resultados obtidos para o Parque dos Manguezais são apresentados no sexto capítulo.

No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho em que se procura abordar de maneira sintetizada a pesquisa realizada, sua relevância do ponto de vista social e para economia do meio ambiente, contribuições para o estudo de métodos de avaliação de ativos ambientais, limitações e perspectivas para pesquisas futuras. Para finalizar, são feitos alguns comentários sobre os benefícios do gerenciamento sustentável.

## **2. VALORAÇÃO DE ATIVOS AMBIENTAIS**

### **2.1 VALORAÇÃO ECONÔMICA E OS MÉTODOS EXISTENTES**

A economia do meio ambiente aplica a teoria econômica nas discussões de uso e preservação ambiental. Ela tem como principal objetivo valorar e/ou alocar corretamente os recursos naturais nas atividades produtivas e de consumo, buscando justificar medidas que visem o desenvolvimento sustentável. Entretanto, valorar ativos ambientais não é uma tarefa trivial, porque a maioria deles tem preço zero e não é comercializada no mercado. Acresce a isso o fato de que na tentativa de estimar este valor a partir da DAP, devido ao conhecido efeito do *free-rider*, os consumidores não revelam suas preferências e consequentemente os verdadeiros valores dos ativos ambientais não são captados.

A função do mangue de controlar as marés, por exemplo. Duas vezes ao dia o manguezal é inundado, funcionando como uma espécie de dique que impede que os estuários dos rios transbordem e inundem a cidade. Como essa função do mangue está disponível a preço zero, as pessoas não percebem sua importância para o bem-estar social, e pensam que o mercado jamais será afetado se o mangue deixar de fazer sua drenagem diária.

Além do controle das marés, a sobrevivência de várias espécies da fauna e da flora depende do mangue. São valiosas contribuições ambientais resultantes da preservação dos manguezais que, apesar de não serem remuneradas, possuem valor e uma vantagem adicional: a conservação é reversível, a qualquer tempo outra opção de uso (aterramento por exemplo) pode ser exercida, o que dificilmente acontecerá se for feito o inverso.

A importância que os recursos naturais de uma forma geral têm para a sobrevivência das espécies é completamente reconhecida, mesmo no meio econômico (PEARCE; TURNER, 1990; ORTIZ, 2003). O que se traduz em valores morais, éticos ou econômicos, é o valor próprio, inerente a cada um, que reflete os interesses da sociedade e o direito de exis-

tência, pois, quantifica a contribuição do recurso para o bem-estar social.

Desde o início dos tempos o homem se aproveitou das riquezas naturais para suprir suas necessidades ilimitadas. A revolução industrial, no século XVII, aumentou a exploração dos recursos disponíveis; os avanços tecnológicos da época exigiam quantidades de matéria prima cada vez maior. Entretanto, foi a partir do século XX que o problema alarmou a população para necessidade de medidas restritivas ao uso.

No meio ambiente os recursos naturais são, em sua maioria, escassos e utilizados para diversos fins. O problema é como alocar de maneira ótima esses recursos na economia. A única forma de garantir o maior nível de bem-estar possível, com medidas que garantam a sustentabilidade do recurso, é através da eficiência de mercado. Entretanto, algumas características inerentes aos recursos naturais dificultam a alocação eficiente destes, ocasionando o abuso no uso dos recursos, prejudicando o consumo das gerações atual e futura.

A maioria dos bens é comercializada em mercados em que compradores e vendedores se relacionam para decidir que quantidade produzir e por que preço vender. São as forças de demanda e oferta que facilitam a alocação eficiente do bem no mercado. Entretanto, quando estas forças inexistem devido às falhas de mercado sua alocação é comprometida.

Desta forma, os recursos naturais estão propensos a alocações ineficientes com tendência à extinção, pois estão disponíveis para uso ou como bens públicos, que não são nem excludentes<sup>15</sup> nem rivais<sup>16</sup>, ou como bens de uso comum que assim como os bens públicos não são excludentes, mas são rivais, ou seja, ninguém é impedido de usá-lo, mas o seu uso diminui a quantidade disponível para outros usuários potenciais.

A tragédia dos comuns é uma parábola que mostra as consequências da alocação ineficiente dos bens de uso comum, evidenciando que os interesses privados são diferentes

---

<sup>15</sup> **Não Excludabilidade:** Ocorre quando uma vez ofertado ou produzido o bem é impossível (ou muito difícil) evitar que as pessoas tenham acesso a ele. Mais detalhes ver Varian (2003) e Mankiw (2005).

<sup>16</sup> **Não Rivalidade:** Ocorre quando o consumo de uma pessoa não diminui a possibilidade de consumo por outra pessoa. Mais detalhes *idem*.

dos sociais. Trata-se da história de um próspero povoado possuidor de uma indústria de lã, derivada da criação das ovelhas que era de propriedade privada (bem privado) que se alimentavam do pasto que era de propriedade comum. Como ninguém tinha limites de uso do pasto os rebanhos cresciam incontrolavelmente até que todo pasto foi consumido (exaustão). A consequência foi o fim da indústria de lã, pois, todas as ovelhas morreram com a falta de pasto.

A disposição dos recursos naturais para uso favorece o surgimento dos *free-riders*, que são aqueles indivíduos que recebem o benefício de um bem, mas evitam pagar por ele. Tal comportamento, individualmente ótimo, colabora com a ineficiência das alocações, ou seja, dificilmente as quantidades disponíveis correspondem às socialmente ótimas. Conforme Varian (2003) esta situação se complica à medida que o número de indivíduos com este comportamento individual aumenta, pois, haverá mais gente de carona prejudicando a sociedade como um todo. O problema consiste em como evitar este tipo de ação ou como, pelo menos, minimizar seus efeitos.

Outra falha de mercado são as externalidades<sup>17</sup>, que consistem dos impactos das ações de uma pessoa sobre o bem-estar de outras pessoas que não tomam parte destas ações. A poluição de um rio, ou do ar, é uma externalidade negativa causada pela emissão de líquidos tóxicos ou gás carbônico de uma indústria em seu processo produtivo, a qual certamente não sofre seus efeitos nos custos – a não ser que o governo crie regulamentos e multas – mas com certeza o bem-estar das pessoas que dependem do rio e do ar será reduzido.

O mercado também falha na alocação eficiente dos recursos naturais quando os direitos de propriedade não estão bem definidos. Ou seja, um recurso natural que é considerado valioso, como não tem um proprietário com autoridade legal para controlá-lo, pode ser usado excessivamente, capaz de levá-lo à exaustão.

Suponha um proprietário de uma fazenda. Por natureza, ele tem um incentivo ób-

---

<sup>17</sup> Mais detalhes ver Varian (2003).

vio de cuidar e investir em sua propriedade, especialmente se for possível vender e receber esses investimentos feitos. Já os arrendatários, que desfrutam apenas do direito de uso da terra, têm menos incentivo para protegê-la e fazer investimentos, e realmente têm toda razão para desfrutar tanto quanto possível a terra enquanto eles ainda a ocuparem. Com o direito de propriedade garantindo as condições de uso, gozo e disposição do bem, exclusiva, com poderes para vender, alugar, arrendar e etc, fica claro que os donos de propriedades têm todo incentivo de salvaguardar os seus recursos. Se algumas ou todas estas condições estão ausentes, o incentivo diminui. Para que os mercados funcionem bem, eles precisam ser apoiados por instituições e, especificamente, por um sistema de direitos de propriedade bem definido.

A falta de informações completas também impede o funcionamento eficiente dos mercados. Em tais casos os mercados são considerados imperfeitos, dada a incerteza dos acontecimentos. Como a função dos mercados é sinalizar a escassez dos bens, tais como as dos recursos naturais, a falta de percepção dos processos ambientais, suas mudanças e efeitos podem não ser interpretados corretamente a tempo dos mecanismos de preços funcionarem.

O problema é que a maioria dos indivíduos tem horizontes de planejamento bastante curtos, porque se limitam às considerações monetárias de bem-estar que acontecem num futuro muito próximo. O fato é que plantar árvores, por exemplo, que só renderão grandes benefícios depois de 30 anos, por exemplo, não pesa muito nas decisões das pessoas. O resultado é que no longo prazo, tanto os custos quanto os benefícios das decisões tomadas serão descontados inevitavelmente. Particularmente os projetos ambientais cujos números podem mostrar o tamanho do dano causado pela decisão sem informação suficiente para mudanças que provocarão ao ambiente.

A relação economia-meio ambiente gera questões polêmicas para sociedade, principalmente quando o assunto em pauta é valoração ambiental. A associação de valores econômicos aos bens, serviços e funções ambientais gera diversas controvérsias entre os pesqui-

sadores. Entretanto é uma área que vem se desenvolvendo muito, o que deve estar associado à sua grande importância para tomada de decisão.

Para Finco (2001), a valoração econômica surge como instrumento que capta os custos e benefícios das variações na quantidade e qualidade dos recursos naturais atribuindo-lhes valor. Sua importância aumentou com a demanda por qualidade dos bens e serviços do meio ambiente, e também pela necessidade de se preservar para as gerações futuras. Já para Ortiz (2003), o procedimento é uma forma realista de inserir o meio ambiente nas estratégias de desenvolvimento econômico em todas as esferas.

A valoração de ativos ambientais tem como objetivo estabelecer um preço que justifique o custo de oportunidade do recurso natural. É a mensuração monetária dos benefícios, através de uma visão sócio-econômica em conjunto com a ambiental e ecológica.

O Valor Econômico Total (*VET*) do recurso ambiental é dado por:

$$VET = VUD + VUI + VO + VE \quad (1)$$

em que, *VUD* é o Valor de Uso Direto que é atribuído pelas pessoas pela utilização efetiva e atual dos bens ou recursos ambientais; *VUI* é o Valor de Uso Indireto que representa os benefícios atuais do recurso derivados de funções e serviços desenvolvidos no ecossistema; *VO* é o Valor de Opção e equivale ao valor que as pessoas atribuem no presente para que no futuro os serviços prestados pelo ambiente possam ser utilizados ou não, ou seja, é um valor decorrente de uma expectativa de uso futuro decorrente do benefício ou da satisfação esperada pelos indivíduos. Encontrar tal medida requer a identificação da utilidade futura do ativo ambiental, suas potencialidades e importância; e *VE* é o Valor de Existência, caracterizado como um valor de não-uso equivalente a um valor atribuído à existência do meio ambiente e está relacionado à satisfação pessoal em saber que o ativo está lá. A atribuição do *VE* é derivada de princípios moral, cultural, ético ou altruístico em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem o



uso atual ou futuro. O Quadro 1 abaixo mostra um esquema do Valor Econômico do Recurso Natural e identifica alguns casos específicos no meio ambiente.

**Quadro 1 – Resumo Geral do Valor Econômico do Recurso Natural**

| Valor Econômico do Recurso Natural                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Valor de Uso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                           | Valor de Não-Uso                                                                                                                                                   |
| Valor Uso Direto (VUD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Valor Uso Indireto (VUI)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Valor de Opção (VO)                                                                                                       | Valor de Existência (VE)                                                                                                                                           |
| ① Valor dos bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso para o consumo hoje.                                                                                                                                                                                                                 | ① Valor de bens e serviços ambientais, gerados de funções do ecossistema, apropriados e consumidos indiretamente hoje.                                                                                                                                                                                                              | ① Valor de bens e serviços ambientais de Usos Diretos e Indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro.             | ① Valor Não Associado ao Uso Atual ou Futuro e que Reflete Questões Morais, Culturais, Éticas ou Altruísticas.                                                     |
| <u>Provisão de Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentos;</li> <li>• Medicamentos;</li> <li>• Não-Madeireiros;</li> <li>• Nutrientes e Genéticos; e</li> <li>• Turismo.</li> </ul> <u>Uso Não-Consumptivo:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recreação; e</li> <li>• Marketing.</li> </ul> | <u>Apoio:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteção das Águas;</li> <li>• Reciclagem de Lixo;</li> <li>• Diversidade Genética; e</li> <li>• Controle de Erosão.</li> </ul> <u>Provisão de Recursos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxigênio;</li> <li>• Água; e</li> <li>• Recursos Genéticos.</li> </ul> | <u>Preservação de Valores:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso direto; e</li> <li>• Uso indireto.</li> </ul> | <u>Valores Intrínsecos:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores Culturais;</li> <li>• Valores Religiosos; e</li> <li>• Valores Históricos.</li> </ul> |

Fonte: Adaptação a partir de Mota (1998)

Para Mota (1998) atribuir valor monetário a um recurso ambiental é estimar como estará o bem-estar das pessoas conforme as mudanças de quantidade e qualidade dos ativos ambientais sejam pelo uso ou não. Para ele, os métodos de valoração só atingirão o objetivo se conseguirem captar cada parcela do *VE*. O objetivo dos métodos de valoração é preencher a lacuna decorrente da falta de mercados e preços para maioria dos recursos naturais.

Na literatura há diversas classificações para estes métodos. Ortiz (2003) os classifica em indiretos e diretos, já Mota (1998) os ordena em métodos da função de produção e métodos da função de demanda. Entretanto eles ainda podem ser ditos observados ou hipotéticos. Neste trabalho os métodos serão classificados em indiretos e diretos.

Os métodos indiretos são os que partem da observação de dados sobre o comportamento das pessoas em relação a bens comercializados, sejam substitutos ou complementares ao consumo do recurso natural que se deseja valorar. Por exemplo, o valor da poluição é infe-

rido dos gastos com doenças geradas pela poluição. Ou o valor do ar mais puro é deduzido do pagamento aos trabalhadores por insalubridade de determinada atividade. Conforme Ortiz (2003), os métodos indiretos só estimam valores de uso, porque só é possível observar o comportamento de indivíduos em mercados de bens complementares ou substitutos ao recurso natural de tal forma que estas técnicas podem subestimar o *NET* do ativo ambiental. Os principais métodos de valoração de ativos ambientais indiretos são<sup>18</sup>:

- Custos de Viagem;
- Preços Hedônicos;
- Custo de Reposição;
- Gatos Defensivos;
- Produtividade Marginal;
- Transferência de Benefícios; e
- Capital Humano ou Produção Sacrificada.

Os métodos diretos são os que partem de técnicas experimentais que, em geral, envolvem pesquisa de campo em que as pessoas são questionadas sobre uma situação hipotética de existência de mercado para o recurso natural. Situação hipotética mas possível, e a resposta do entrevistado é usada para valorar o recurso natural. O objetivo destes métodos é captar as preferências das pessoas pelo bem ambiental em questão.

Os principais métodos diretos de valoração de ativos ambientais são:

- Valoração Contingente; e
- Ranqueamento Contingente.

A seção a seguir aborda de maneira particular o Método de Valoração Contingente (MVC) haja vista que foi a técnica utilizada por Leite e Melo (2004) e Leite (2006) para estimar a Disposição A Pagar (DAP) média para preservação do Parque dos Manguezais.

---

<sup>18</sup> Para detalhes sobre os métodos de valoração ver Mota (1998) e Ortiz (2003).

## 2.2 O MÉTODO DE VALORAÇÃO CONTINGENTE E A DAP

Esta técnica visa identificar as preferências individuais das pessoas. É uma pesquisa que trabalha com perguntas diretas à população sobre o valor do dano ambiental em um cenário hipotético. A pergunta pode ser feita por duas abordagens: primeira trata de perguntar quanto as pessoas estariam dispostas a pagar por um benefício ambiental; ou seja, qual a Disposição a Pagar (DAP) do entrevistado. A segunda trata de questionar ao entrevistado que valor ele estaria disposto a receber a título de reembolso por uma perda na qualidade ambiental; ou seja, qual a Disposição a Receber (DAR) dele.

Para Ortiz (2003) a vantagem deste método é que ele é o único capaz de estimar os valores de existência dos recursos naturais. A modelagem do MVC exige um refinamento estatístico muito detalhado.

Na literatura este método é extremamente atacado devido às muitas fontes de vieses existentes, como viés estratégico (presença de caronas), viés de design (confeção do questionário), viés de hipótese (criação de mercado) e viés operacional (o mercado criado é muito diferente do estudado). Entretanto, ele é o único método aceito pela Organização das Nações Unidas (ONU) para estimação de ativos ambientais, por isso é muito utilizado (LEITE, 2006).

A maioria das estimações da DAP com o MVC utiliza modelos econométricos como *LOGIT* e *PROBIT*. Trabalhos como o de Silva e Lima (2004) que valoraram o Parque Chico Mendes, em Rio Branco – Acre; Beluzzo Junior (1995) que valorou os benefícios da despoluição do Tietê, em São Paulo – SP; e Pessoa e Ramos (1998) que valoraram os ativos ambientais do estado de Roraima, são exemplos da difusão do método.

Mogas, Neto e Riera (2001) utilizaram o MVC para medir o valor econômico da redução pela metade do risco de incêndios florestais na Espanha. Foram entrevistadas 500 pessoas e a DAP média estimada foi de 16,18 Euros per capita por ano, mas o principal resul-

tado foi que a maioria das pessoas (60%) estaria disposta a pagar o valor extra de 6,00 Euros para um programa de redução de queimadas. Além disso, eles demonstraram que o MVC era viável para valorar tais casos.

Braga, Oliveira e Abadallah (2003) também utilizaram o MVC para valorar o Parque Nacional da Lagoa do Peixe, com o objetivo de encontrar um valor que justificasse a preservação de amostras de ecossistemas litorâneos, típicos da restinga costeira, dos quais dependem centenas de aves migratórias. A técnica do MVC foi escolhida porque ela admite que a variação na disponibilidade do recurso que altera o bem-estar das pessoas possibilitasse a identificação das DAPs dos indivíduos em relação a estas alterações. Foram entrevistadas 130 pessoas e a DAP média estimada foi de R\$ 7,94, totalizando num fluxo anual para o parque no valor de R\$ 54.770,12.

O Parque dos Manguezais também foi objeto de um estudo de que utilizou o MVC para estimar a DAP média da população com respeito à sua preservação. A pesquisa foi realizada inicialmente por Leite e Melo (2004), que utilizaram o formato dicotômico<sup>19</sup> de escolha, seguido de uma questão de formato aberto<sup>20</sup> sobre a DAP das pessoas. Foram entrevistadas 1.851 pessoas de diferentes bairros da cidade; em seguida, foi utilizado o modelo binário de regressão logística para estimar a DAP média dos entrevistados. O valor mensal resultante da amostra por domicílio foi de R\$ 3,40, resultando num valor anual de R\$ 40,80 (3,40 x 12) por domicílio. Considerando que a cidade do Recife possui 375.857<sup>21</sup> domicílios particulares permanentes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o valor monetário anual do Parque dos Manguezais estimado foi de R\$ 15.334.965,60. O que representa os fluxos de caixa permanente da sociedade com a preservação do mangue.

---

<sup>19</sup> No formato dicotômico são efetuadas duas perguntas ao entrevistado com o objetivo de captar sua preferência, no caso Leite e Melo (2004) queriam saber se eles preferiam a preservação ou a construção da rodovia.

<sup>20</sup> Uma questão de formato aberto confronta o entrevistado com uma pergunta do tipo: “Qual o valor máximo que você estaria disposto a pagar pela preservação do (...)?”; Já uma questão de formato fechado, formula uma pergunta do tipo: “Para preservação do (...), você estaria disposto a pagar “x” reais?”

<sup>21</sup> Para dados de 2001 do IBGE, disponível em [www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php). Acessado em Jan/2007.

Mais tarde, em sua tese de doutorado, Leite (2006) utilizou um modelo de regressão beta<sup>22</sup> que não considera valores negativos. Na nova modelagem, utilizando os mesmos questionários da pesquisa anterior, o autor chegou a uma nova estimativa para DAP média, igual a R\$ 7,05 mensais por domicílio. A nova estimativa faz com que o valor monetário anual do Parque dos Manguezais atinja a cifra de R\$ 31.797.502,20 ( $7,05 \times 12 \times 375.857$ ). Uma diferença considerável em relação ao valor estimado anteriormente, que pode influenciar significativa o processo de tomada de decisão, e que, segundo o autor, se deve à flexibilidade da regressão beta para ajustar as diferentes formas de assimetria e também por satisfazer aos critérios mínimos para estimação da DAP.

---

<sup>22</sup> O motivo da nova modelagem foi porque o autor desconfiava que o modelo de regressão logística subestimava a DAP média, pois considera valores negativos o que não acontece com o novo modelo. Para mais detalhes ver Leite (2006).

### **3. AVALIAÇÃO SOCIAL DE PROJETOS**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

A Análise Social de Projetos (ASP) torna-se necessária quando o uso de um recurso natural pode causar externalidades que tragam mudanças no bem-estar das pessoas. Conforme Brito (2003), fazer ASP é a arte do possível, pois há variáveis fundamentais na análise social que não podem ser quantificadas ou apresentam dificuldades de quantificação. Cabe aos governos realizar esta tarefa com o objetivo de melhorar a situação da sociedade, principalmente da população mais carente.

Só a ASP possibilita calcular os custos sociais diretos e indiretos causados por projetos que podem levar a mudança estrutural nas vidas das pessoas e na economia. Através do exame dos dados disponíveis a ASP pode ampliar a visão dos impactos do projeto identificando os setores da sociedade que serão afetados.

A ASP que envolve impactos ambientais depende muito da importância da existência e da preservação para o ecossistema do recurso natural envolvido. Além disso, este trabalho de avaliação de projetos requer dois elementos importantes, o primeiro é a capacidade de construir um modelo apto ao julgamento de todas as variáveis relevantes na aplicação, e o segundo é a predisposição para avaliar ou medir as consequências da implementação do projeto (TAVORA JUNIOR; EUSTÁCHIO; SEIXAS, 2000).

A seguir serão abordadas duas metodologias utilizadas para avaliação de projetos de investimentos. A primeira metodologia é a tradicional, baseada no Fluxo de Caixa Descontado (FCD), bastante difundida e utilizada pelos avaliadores de projetos. A segunda surge como novo paradigma para avaliação de investimentos, com o objetivo de preencher as lacunas deixadas pela primeira, fundamentada na Teoria das Opções Reais (TOR).

### 3.2 AVALIAÇÃO TRADICIONAL USADO O MÉTODO DO FCD

O método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) surgiu na década de 1950, como alternativo para avaliação de projetos; foi o novo paradigma da matemática financeira. Na época o método mais utilizado era o *payback*<sup>23</sup>, que consistia em determinar o prazo de retorno do investimento considerando os fluxos de caixa do projeto. Como o novo método exigia procedimentos diferentes para fornecer informações para o processo de tomada de decisão, sofreu muita resistência, pois necessitava de muitos cálculos para se determinar os valores presentes dos fluxos de caixa dos projetos. Era preciso fazer tabelas que abrangessem toda a vida útil do projeto, com todos os valores correspondentes.

Num levantamento feito em 1959, foi observado que em 100 grandes empresas dos EUA, apenas 19% utilizavam as técnicas baseadas no FCD, mas, em 1970, o percentual já era de 57% (KLAMER, 1972 *Apud* COPELAND; ANTIKAROV, 2003). Oito anos depois, num novo levantamento, desta vez com 424 grandes empresas, foi verificado que 86% das companhias já recorriam ao método baseado no FCD. Ou seja, foram necessárias mais de duas décadas para que o método do FCD fosse aceito plenamente (SCHALL *et al* (1978) *Idem*). Para Copeland e Antikarov (2003, p. 57) em relação à utilização do método do FCD “*esta taxa de adoção foi influenciada pelo surgimento das calculadoras de bolso e dos microcomputadores*”.

O método do FCD ainda é muito utilizado para valoração de ativos e análises de projetos. Entretanto, o motivo do seu sucesso se deve mais ao fato de não existirem métodos alternativos para tal fim. Este método apresenta algumas limitações recorrentes, pois não capta importantes valores relacionados ao ativo que são de extrema importância para o investimento. Em particular, o método FCD, que considera apenas a possibilidade de realizar ou não

---

<sup>23</sup> O método *payback* atualmente é utilizado como um método de calibragem de outros métodos de avaliação baseados em prazos.

um investimento, do tipo agora ou nunca, não considera a opção de adiar o investimento, esperando um melhor momento. Ou seja, é um método sem flexibilidade, é engessado.

A confiabilidade das análises baseadas no FCD é proporcional à confiabilidade das projeções dos fluxos de caixa futuros. Por este motivo, uma forma encontrada para aumentar a confiança da avaliação baseada no FCD é alcançada através do estabelecimento de premissas que norteiem as projeções dos fluxos de caixa e identifiquem as principais variáveis que poderão afetar os seus resultados.

Diversos trabalhos de avaliação de ativos ambientais utilizaram o conceito do FCD. Brandão, Hacon e Sampaio (1999) determinam a maior renda mensal possível para uma população de pescadores artesanais. Como o método não considerava cenários de incerteza, os autores fizeram uma análise de sensibilidade, através de vários cenários baseados em hipóteses. J. Almeida, Monteiro e M. Almeida (2001) calcularam o valor atual de um agroecossistema, utilizando o método do Valor Presente Líquido (VPL), que é baseado no FCD. A falta de tratamento das incertezas pelo *VPL* exigiu que fossem feitas análises de sensibilidade das variáveis relevantes do projeto.

Em 1998, Dubeux (1998) demonstrou que a análise feita pela razão benefício/custo pode oferecer importantes indicadores que melhor qualificam a tomada de decisão para questões que envolvam ativos ambientais, entretanto as limitações apresentadas pelo método *VPL* exigiriam outras análises para ajustar os valores ao risco peculiar de cada caso. O mesmo ocorreu com Bann (1997) e Homma *et al* (1996) que também utilizaram o método do *VPL* e razão benefício/custo (*B/C*) para propor políticas de conservação de recursos naturais. Entretanto, a rigidez do *VPL* exigiu que fossem realizadas análises paralelas muito subjetivas.

Os principais métodos de avaliação baseados no FCD são:

- Método de Análise pelo Valor Presente Líquido (*VPL*);
- Método de Análise pela Taxa Interna de Retorno (*TIR*); e



- Método de Análise pela Razão Benefício/Custo ( $B/C$ ).

Além desses, novos métodos foram adotados na tentativa de incorporar a incerteza à análise de investimentos. Entre eles destacam-se:

- Método de Análise pela Sensibilidade dos Parâmetros; e
- Método de Análise pela Árvore de Decisão (AAD).

Para Copeland e Antikarov (2003 p. 92), o método da Árvore de Decisão a primeira vista parece bom, mas verifica-se que, assim como as demais análises baseadas no FCD, o pressuposto de uma taxa de desconto constante ao longo de toda árvore, resulta em respostas erradas, pois, *“o risco do fluxo de caixa varia conforme nova localização na árvore de decisão”*.

### 3.3 AVALIAÇÃO PELA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

#### 3.3.1 Histórico das Opções Reais

Durante muito tempo os economistas já sabiam da existência de um custo de oportunidade na decisão de se esperar o momento mais favorável para executar um investimento irreversível. Entretanto, faltava uma metodologia que captasse este valor.

Em 1973, os trabalhos pioneiros de Black, Scholes e Merton proporcionaram avanços significativos na literatura financeira ligada à valoração de uma opção com técnicas para valorar derivados financeiros com problemas de incerteza. A intenção era incorporar às avaliações parcelas importantes não captadas pelos métodos convencionais, para mostrar que o prêmio pela espera faria a diferença na tomada de decisão.

Arrow, Fisher e Henry (1974) introduziram o termo **valor de quase opção** para representar o valor obtido quando a opção de espera é integrada ao processo de tomada de decisão, surgindo daí o efeito irreversibilidade. Eles foram os primeiros a utilizarem opções em estudos de impactos ambientais, demonstrando que, para uma função de escolha-binária

ou de benefício, a postergação ou a diminuição de investimento hoje é uma escolha ótima quando os benefícios futuros são incertos. Decorre a conclusão dos autores do fato de que decisões de investimento são irreversíveis.

Myers (1977) utilizou pela primeira vez o termo opções reais referindo-se à aplicação da teoria da precificação de opções para avaliar investimentos em ativos não financeiros, reais ou produtivos, em vez de ativos financeiros ou *commodities*. Já a primeira aplicação quantitativa das opções reais foi feita por Tourinho (1979), que calculou o valor das reservas de petróleo utilizando as técnicas da teoria da precificação de opções. Depois dele, vários outros trabalhos seguiram sua linha de pesquisa.

Dixit e Pindyck (1994) definiram que em um investimento existem três condições importantes que são os pilares da teoria dos investimentos sob incerteza, e que devem ser consideradas na avaliação do projeto: (i) a existência de irreversibilidade total ou parcial; (ii) incerteza sobre o potencial do projeto de geração de fluxo de caixa no futuro; e (iii) a escolha do tempo mais adequado para fazer o investimento (*the timing*); ou seja, flexibilidade gerencial suficiente que permita ao gerente operar o projeto conforme os acontecimentos futuros. Para estes autores, a escolha do tempo mais adequado para se fazer o investimento deve ser encarada como um custo de oportunidade que deve ser levado em consideração. Este custo deve se somar ao investimento inicial, caso o projeto seja executado hoje. Para que um projeto qualquer tenha valor de opção é preciso que ele satisfaça a estas condições.

Em 2001, Farrow (2001) acrescentou novas técnicas aos padrões de avaliação da Razão Benefício/Custo, através da combinação de técnicas de avaliação de risco e critérios de tomada de decisão sob incerteza e irreversibilidade. Além disso, o autor fez uma definição quantitativa de um princípio preventivo para a tomada de decisão.

Igualmente importante, a pesquisa de Wesseler (2003) discutiu a incerteza como principal problema para identificação do processo estocástico correto para medir o incremento

do benefício de uma política pública.

Entre os trabalhos relacionados ao tema avaliação de investimentos e preservação ambiental, destacam-se o de Conrad (1997), em que o autor calculou o valor da opção de preservação de um parque florestal assumindo que os benefícios da preservação seguem um Movimento Geométrico Browniano (MGB), e o de Forsyth (2000), em que a autora calculou o valor de preservação de um ativo ambiental utilizando dois processos estocásticos diferentes para incrementar o benefício da amenidade: o MGB e o Processo Logístico (PL).

Apesar do método do VPL ainda ser bastante utilizado, seus resultados são pouco confiáveis num cenário sob incerteza. Para Trigeorgis (1995), o *VPL* deixa de considerar parcelas significantes do projeto, como o valor da flexibilidade gerencial. Já para Copeland e Antikarov (2003), o *VPL* é ultrapassado, pois subestima todos os valores do projeto comprometendo totalmente o investimento.

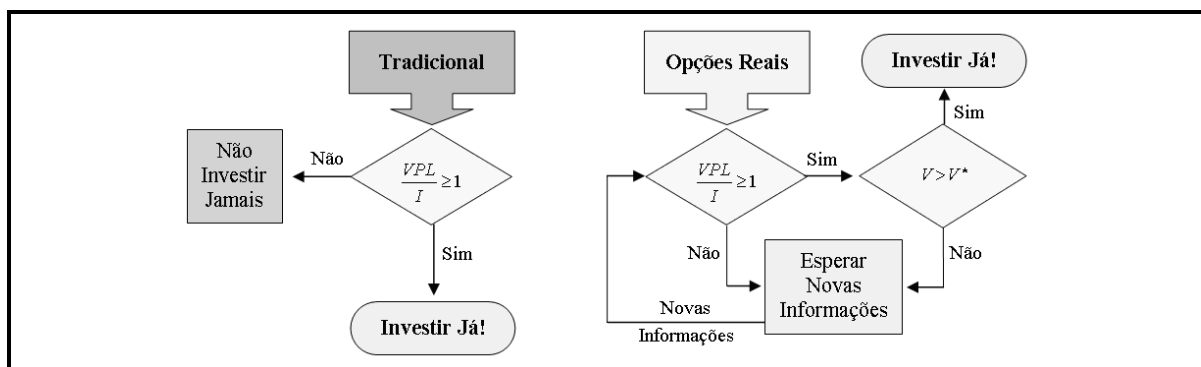
Diante de flexibilidades gerenciais como esperar pra ver, ou expandir, ou abandonar um projeto com irreversibilidade total ou parcial sob condições de incerteza, os seus valores podem ser subestimados pelos métodos baseados no FCD, que não consideraram as opções disponíveis para o operador do projeto.

As opções reais surgem como evolução da abordagem baseada no FCD, agregando o valor da flexibilidade gerencial ao método tradicional de avaliação de projetos. Analistas de projetos como Lenos Trigeorgis, Tom Copeland e Vladimir Antikarov (TRIGEORGIS, 1995; COPELAND; ANTIKAROV, 2003) acreditam que assim como o método do FCD que surgiu nos anos 1950 e só se popularizou com a chegada dos computadores, substituindo o então tradicional método de avaliação *Payback*, a Teoria das Opções Reais será o novo paradigma da avaliação de investimentos e logo estará difundida.

### 3.3.2 Perfil das Opções Reais

Em resumo, os métodos baseados no FCD para análise de projetos, ou seja, *VPL*, *TIR* e razão *B/C* partem do pressuposto de que não há flexibilidade na tomada de decisões; e as análises de sensibilidade e da árvore de decisões, mesmo considerando a flexibilidade gerencial, não o fazem de forma adequada, pois pressupõem uma taxa de desconto constante durante toda a vida útil do projeto.

Diferentemente da análise convencional, as opções reais consideram incertezas técnicas, econômicas e estratégicas, e também todas as opções relevantes decorrentes das flexibilidades gerenciais e estratégicas para responder a duas questões. A primeira destas questões refere-se ao valor da oportunidade do projeto (valor de opção); e a segunda refere-se à decisão ótima a ser tomada (considerando o valor do gatilho ou crítico). Estas duas questões podem ser vistas como um problema de otimização que visa maximizar o *VPL*, fazendo o gerenciamento ótimo das flexibilidades gerenciais; ou seja, as opções existentes sujeitas às incertezas de mercado, técnica e estratégica (que segue processos estocásticos). O valor de uma opção real é uma evolução do *VPL* estático<sup>24</sup> e da análise pela árvore de decisão. A Figura 1 abaixo apresenta um esquema comparativo dos métodos de análise de investimentos.



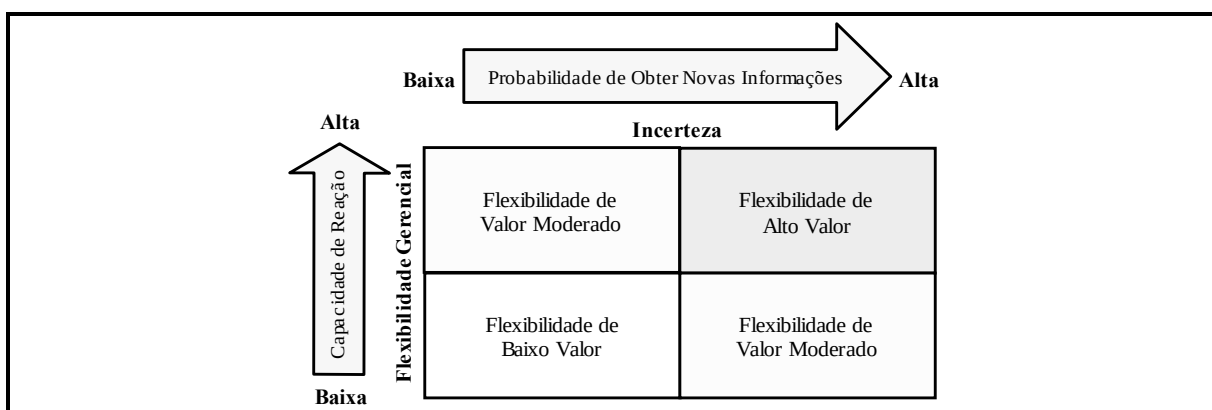
**Figura 1 – Comparação entre metodologias no processo de tomada de decisões**

Fonte: A partir de Copeland e Antikarov (2003)

Como pode ser observado, enquanto a análise tradicional estabelece que se deva

<sup>24</sup> VPL baseado na metodologia tradicional de FCD, sem flexibilidade gerencial. Consideram as taxas de descontos como constantes ao longo de toda a vida do projeto.

investir em projetos com  $VPL > 0$  (positivo) e rejeitar os que tiverem  $VPL < 0$  (negativo), o método das opções reais considera que o investimento só deve ser iniciado imediatamente se o valor do projeto gerar um lucro muito significativo. Do ponto de vista operacional, isto significa estabelecer um valor crítico ( $V^*$ ) que represente o lucro aceitável pelo investidor, devendo o valor do projeto, ser então superior a este valor crítico ( $V > V^*$ ) para que seja executável. Caso o valor do projeto seja inferior a este valor de referência ( $V < V^*$ ), também chamado de valor de gatilho, deve-se aguardar novas informações e aprender, antes de tomar uma decisão; pois, neste caso o projeto passa a ter um valor de opção que paga um prêmio pela espera. A Figura 2 abaixo mostra quando as opções reais têm mais valor no processo de tomada de decisão, podendo alterar substancialmente uma decisão.



**Figura 2 – Quando as opções reais são valiosas**

Fonte: Copeland e Antikarov (2003, p. 15)

A partir da Figura 2 acima é possível observar que a opção real será tão mais valiosa quanto maiores forem primeiro, a probabilidade de obtenção de novas informações ao longo do tempo (diminuir a incerteza) e segundo, a capacidade de reação da gerência a estas novas informações (flexibilidade gerencial). Ademais, quando o  $VPL$  estático estiver muito próximo de zero, o que representa uma flexibilidade de alto valor, a diferença entre a análise pelas opções reais e outras ferramentas de decisão é ainda mais substancial (COPELAND; ANTIKAROV, 2003). Neste caso o valor adicional da flexibilidade faz a diferença na hora da escolha.

Em resumo, as características que tornam as opções reais a melhor alternativa são a incerteza, o *timing* (tempo de expiração da opção) e a irreversibilidade, que influenciam a tomada de decisão e que entram no modelo. Relativamente à incerteza, pode-se dizer que há três tipos de incerteza: a primeira, a incerteza econômica, está correlacionada aos movimentos da economia que valorizam a espera por informações externas (“*learning by waiting*”); a segunda, a incerteza técnica, que não está correlacionada aos movimentos macroeconômicos, mas que incentiva o investimento seqüencial, para revelar o verdadeiro cenário e reduzir a variância da incerteza (“*learning by doing*”); e finalmente a terceira, incerteza estratégica, que está relacionada à ação de outras empresas no mercado, podendo tanto incentivar como adiar os investimentos.

No que se refere ao *timing*, pode-se dizer que raramente um investimento é do tipo “agora ou nunca”. Neste caso, é possível que se postergue uma decisão para que se observe o mercado, ou seja, esperar o *timing*. No caso da irreversibilidade, esta pode ser total ou parcial. O conceito vem dos trabalhos de Arrow e Fisher (1974) e Henry (1974), e valoriza a espera antes de tomar uma decisão irreversível, pois a espera, esta sim, é reversível. O conceito se aplica às decisões sociais, ambientais, políticas e até às individuais (casamento, divórcio, suicídio). Se alguém tiver dúvida se deve ou não divulgar uma informação, não divulgue, pois é irreversível. Já a espera não, a informação sempre poderá ser divulgada posteriormente. No caso do uso de um ativo ambiental cuja importância não é totalmente conhecida, a incerteza torna caro demais qualquer perda de qualidade ambiental irreversível. Fisher e Hanemann (1986) provaram a existência de um prêmio em conservar um ativo ambiental para uso futuro, baseado no valor de exploração futuro incerto e na irreversibilidade da utilização atual.

Conforme definição de Copeland e Antikarov (2003, p. 6), uma opção real é um direito, mas não a obrigação de empreender uma ação (comprar, vender e etc). Este direito tem um custo predeterminado, que é chamado de preço de exercício ( $K$ ), e pode ser exercido

durante o período preestabelecido ( $t$ ), ou seja, durante sua vida útil. Seu valor depende de cinco variáveis básicas mais uma que dependerá da situação compreendida, conforme abaixo:

- Valor do ativo subjacente sujeito a risco ( $V$ ): O valor do projeto;
- Preço de exercício ( $K$ ): Custo para exercer a Opção Real;
- Prazo de vencimento ( $t$ ): Vida útil do projeto;
- Desvio padrão de  $V$  ( $\sigma$ ): Representa a volatilidade de  $V$ ;
- Taxa de juros livre de risco durante  $t$  ( $i$ ); e
- Dividendos de  $V$  ( $D$ ) se for o caso.

O lucro da opção real dependerá do tipo de opção que se está tratando:

- Se for uma opção de compra (*call option*), o lucro é igual a  $[V - K]$ .
- Se for uma opção de venda (*put option*), o lucro será igual a  $[K - V]$ .

Quando as diferença relacionadas acima são positivas diz-se que a opção está no preço (*in the money*) e no caso contrário, fora do preço (*out of the money*).

Existem semelhanças entre as opções financeiras e reais, por exemplo, ambas podem ser de compra e de venda; quanto ao prazo de expiração, ambas podem ser européias, quando são exercidas na data do vencimento e americanas quando são exercidas a qualquer momento até alcançar o prazo de expiração.

Mas, apesar de existirem analogias entre opções financeiras e reais, também existem muitas diferenças entre as duas. As opções financeiras são de curto prazo (menos de 1 ano) enquanto que as reais podem ser perpétuas; as opções reais são mais complexas que as financeiras, o preço de exercício, por exemplo, pode ser incerto; e além da incerteza econômica (mercado) as incertezas técnicas e estratégicas podem ser muito importantes no valor da opção. Os ativos básicos são do tipo Não-Financeiros ou “Reais” ou “Produtivos”.

O exercício ótimo de uma opção americana é dado pelo valor do gatilho  $V^*$ , que é o nível de exercício que maximiza o valor da opção. Se a opção americana for de compra, ela

será exercida se ( $V \geq V^*$ ), se for de venda, ela será exercida se ( $V \leq V^*$ ).

A classificação das opções reais está relacionada ao tipo de flexibilidade gerencial que possui. Além das opções de compra (*call*) e de venda (*put*), as principais são:

- **Opção de Espera:** Aguarda novas informações e aprende antes de investir;
- **Opção de Expansão:** Valora o aspecto estratégico de forma consistente;
- **Opção de Abandono:** O projeto pode ser abandonado se não for lucrativo;
- **Opção de Mudança de Uso:** Baseada na múltipla aplicação do ativo; e
- **Opção de Modificação:** Previsão de mudanças do projeto inicial.

Há também as **opções compostas**, formadas com duas ou mais opções e as **opções do tipo arco-íris**, que são opções movidas por múltiplas fontes de incerteza (COPELAND; ANTIKAROV, 2003). O proprietário da opção decidirá exercê-la, conforme a seguinte regra:

- **Opção de Compra:**  $\text{MAX } [V - K; 0]$  (lê-se: valor máximo entre  $V - K$  e zero), o que significa dizer que o dono da opção, que tem o direito de comprar o ativo subjacente ( $V$ ) com o pagamento do preço de exercício ( $K$ ), apenas irá exercê-la se  $V > K$ .

- **Opção de Venda:**  $\text{MAX } [K - V; 0]$  (lê-se: valor máximo entre  $K - V$  e zero), neste caso, o dono da opção, que tem o direito de vender o ativo subjacente ( $V$ ) mediante recebimento do preço de exercício ( $K$ ), apenas irá exercê-la se  $K > V$ .

### 3.3.3 Métodos de Avaliação

Como uma decisão de investimento sob incerteza pode ser tratada como um problema de otimização dinâmica, que visa maximizar o *VPL* do projeto através do gerenciamento ótimo das flexibilidades gerenciais existentes, sujeito às restrições de incerteza modeladas conforme um processo estocástico, dois métodos são muito utilizados para a avaliação de opções reais. O primeiro é o método dos ativos contingentes (*Contingent Claims Analysis*) e o segundo é o método da programação dinâmica. Os quais estão a seguir resumidos.



### 3.3.3.1 Ativos Contingentes (*Contingent Claims Analysis*)

Os ativos contingentes, técnica bastante utilizada na avaliação de ativos financeiros (COPELAND; ANTIKAROV, 2003; DIAS, 2005), como tal, partem do princípio da não arbitragem<sup>25</sup> para montar um portfólio dinâmico de um ativo gêmeo, neutro ao risco, que replique o valor do projeto, ou seja, um portfólio que mapeie suas mudanças estocásticas, e proporcione ao detentor do projeto o mesmo ganho que o detentor do portfólio. Para isso, é preciso que o mercado seja completo, que possua quantidade suficiente de ativos que possibilite a formação deste portfólio replicado. É bem extensa a literatura sobre a aplicação da TOR em mercados completos; os trabalhos de Dixit e Pindyck (1994) e Trigeorgis (1996) são algumas boas referências de utilização desta técnica.

A solução por ativos contingentes é obtida através da resolução da Equação Diferencial Parcial (EDP) conforme o processo estocástico escolhido, utilizando métodos numéricos ou através de uma solução analítica. A Figura 3 mostra a equação de Black-Sholes-Merton (BLACK; SHOLES, 1973; MERTON, 1973) que é uma solução de uma EDP.

$$C = V e^{-\delta \tau} N(h) - K e^{-r \tau} N(h - \sigma \sqrt{\tau})$$

$$h = \frac{\ln\left(\frac{V}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \tau}{\sigma \sqrt{\tau}}$$

Probabilidades Neutra ao Risco de  $V > K$  na Expiração (com ponderação de valor)

$h$  é função de  $V, K, r, \delta, \sigma, \tau$

Valor Presente de  $V$  Se  $V > K$  Na Data de Expiração Prob Neutra ao Risco

Valor Presente de  $K$  Se  $V > K$  Na Data de Expiração

Valor Presente do Valor do Ativo Básico ( $V$ )

Valor Presente do Preço de Exercício ( $K$ )

**Figura 3 – Equação de Black-Sholes-Merton**

Fonte: Copeland e Antikarov (2003, pp. 102-103) e Dias (2005, pp 86-92)

Os termos da equação de Black-Sholes-Merton podem ser interpretados como valores presentes das expectativas sob probabilidades neutras ao risco, que consideram uma ação ótima nos cenários possíveis de  $V$  em  $t = T$ , faltando  $\tau$  períodos de  $t$  para a expiração da

<sup>25</sup> O princípio da não arbitragem é bastante utilizado no mercado financeiro. Ele estabelece que em mercados financeiros que funcionam corretamente, dois ativos idênticos devem ser vendidos pelo mesmo preço.

opção. Conforme o tipo de opção os parâmetros da opção podem causar efeitos distintos no valor da opção. O Quadro 2 abaixo mostra os efeitos no valor da opção considerando um aumento dos parâmetros.

**Quadro 2 – Efeito de um Aumento das Variáveis nas Opções de Compra e Venda**

| Parâmetros                   | Efeito          |                |
|------------------------------|-----------------|----------------|
|                              | Opção de Compra | Opção de Venda |
| Aumento de $V$               | Aumenta         | Diminui        |
| Aumento de $K$               | Diminui         | Aumenta        |
| Aumento da Volatilidade      | Aumenta         | Aumenta        |
| Aumento do Tempo Expiração   | Aumenta         | Aumenta        |
| Aumento da Taxa de Juros     | Aumenta         | Diminui        |
| Aumento nos Dividendos Pagos | Diminui         | Aumenta        |

Fonte: Elaboração própria a partir de Dias (2005).

Pode ser observado que a volatilidade e o tempo de expiração das opções são parâmetros que causam o mesmo efeito no valor da opção, seja ela de compra ou de venda.

Para se chegar a EDP de uma opção monta-se primeiramente um portfólio livre de risco; ou seja, compra-se a opção de investimento  $F$  e vende-se  $n$  unidades do ativo básico  $V$  (projeto), sendo  $n$  o *delta hedge* escolhido de forma a tornar o portfólio livre de risco. Em seguida, montam-se as equações de retorno deste portfólio  $\Phi = F - nV$ ; Considerando um intervalo infinitesimal  $dt$ , o retorno do portfólio será de:

$$r \Phi dt = r(F - nV) dt \quad (2)$$

Como o retorno de  $V$  é a soma do ganho de capital ( $dV$ ) mais o dividendo ( $\delta V dt$ ), o retorno do portfólio  $\Phi$  também pode ser representado por esta soma algébrica:

$$r \Phi dt = dF - n(dV + \delta V dt) \quad (3)$$

Igualando as Equações (2) e (3) obtém-se:

$$r(F - nV)dt = dF - n(dV + \delta V dt) \quad (4)$$

Agora é preciso expandir  $dF$ . Como o valor da opção segue um processo estocás-

tico, o Lema Itô<sup>26</sup>:  $dF = F_V dV + \frac{1}{2} F_{VV} (dV)^2 + F_t dt$ , é utilizado para fazer a sua expansão.

$$\text{Para função } F(V,t): dF = F_V dV + \frac{1}{2} F_{VV} (dV)^2 + F_t dt \quad (5)$$

Como  $V$  segue um processo estocástico, o mais comum é o Movimento Geométrico Browniano (MGB), a seguinte equação diferencial descreve seu movimento:

$$dV = \alpha V dt + \sigma V dz \quad (6)$$

Em que:  $\alpha$  = Taxa de apreciação do projeto ou tendência do projeto;  
 $\sigma$  = Variância do projeto; e  
 $dz$  = Incremento do processo de Wiener.

Usa-se a Equação (6) que descreve o processo estocástico de  $V$ , e eleva-se ao quadrado a equação diferencial para obter  $(dV)^2 = \sigma^2 V^2 dt$ .

Substituindo o valor de  $(dV)^2 = \sigma^2 V^2 dt$ , na Equação (5), obtém-se:

$$dF = F_V dV + \frac{1}{2} F_{VV} \sigma^2 V^2 dt + F_t dt \quad (7)$$

Em que  $F_V$  e  $F_{VV}$  são as derivadas parciais de  $F(V,t)$ .

Substituindo  $dF$  na Equação (4), obtém-se:

$$r(F - nV)dt = F_V dV + \frac{1}{2} V^2 F_{VV} dt + F_t dt - n(dV + \delta V dt) \quad (8)$$

Como essa equação de retorno sem risco tem um termo estocástico, pois  $dV$  é função de  $dz$  (Equação 6), Faz  $n = F_V$ . Substituindo e simplificando obtém-se a seguinte Equação Diferencial Parcial (EDP):

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 F_{VV} + (r - \delta) V F_V - rF = -F_t \quad (9)$$

A Equação (9) é uma EDP do tipo Black-Sholes-Merton, uma opção de investimento (compra americana) que só tem solução analítica no caso de opção perpétua ou muito longa (trinta anos no mínimo).

---

<sup>26</sup> “O Lema de Itô está para o cálculo estocástico assim como a expansão de Taylor está para o cálculo ordinário”. Mais detalhes, ver Dixit e Pindyck (1994, cap. 3 *apud* DIAS, 2005, p. 87).

Resolvendo essa EDP, encontra-se o valor da opção real  $F(V,t)$  e a regra de decisão que será dada pelo valor do gatilho ( $V^*$ ). O Quadro 3 a seguir especifica as condições de contorno da EDP que possibilitará as melhores decisões:

**Quadro 3 – Condições de Contorno para uma EDP**

| <b>Tipo de Condição de Contorno</b>               | <b>Condição de Contorno</b>         |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
| $V = 0$                                           | $F(0,t) = 0$                        |
| $t = T$ – Agora ou Nunca                          | $F(V,T) = \text{MAX}(V_T - D, 0)$   |
| $V = V^*$ (Continuidade - <i>Value Matching</i> ) | $F(V^*,t) = \text{MAX}(V^* - D, 0)$ |
| $V = V^*$ (Suavidade - <i>Smooth Pasting</i> )    | $F_V(V,T) = 1$                      |

Fonte: A partir de Dias (2005). Elaboração do Autor.

As duas últimas condições estabelecem as condições ótimas de exercício antecipado; A segunda condição destaca que só na expiração a regra do Valor Presente Líquido ( $VPL$ ) é válida, ou seja, investir se  $VPL > 0$ . Quando não se tratar de uma opção perpétua ou muito longa, essa EDP pode ser resolvida ou por métodos numéricos tradicionais<sup>27</sup> ou por aproximações analíticas<sup>28</sup>.

A principal vantagem da Análise de Ativos Contingente é não precisar determinar a taxa de desconto ajustada ao risco, pois esta é derivada do mercado de capitais (na programação dinâmica  $\rho$  é exógena). Ou seja, no mercado de capitais tem um portfólio sem risco, em que todos os ativos exigem o mesmo retorno dele. Entretanto, é necessário que o mercado seja completo e que o preço do ativo deste portfólio seja perfeitamente correlacionado ao valor do projeto. Com isso, será possível fazer a avaliação neutra ao risco para resolver o problema de otimização.

<sup>27</sup> Mais detalhes ver Dixit e Pindyck (1994)

<sup>28</sup> Existem diversas aproximações analíticas que podem ser utilizadas, por exemplo, a aproximação quadrática de Barone-Adesi e Whaley é a mais popular (HULL; WHITE, 1987).

### 3.3.3.2 Programação Dinâmica

As técnicas de programação dinâmica são utilizadas na avaliação de opções reais quando os mercados são incompletos, ou seja, quando não é possível a montagem de um portfólio dinâmico com ativos gêmeos, ou quando a correlação entre o projeto e o portfólio replicado montado não seja perfeita. Sua avaliação é feita de trás para frente, método “*backward induction*”. O problema está na taxa de desconto apropriada para o projeto ( $\rho$ ), que é arbitrária, pois é exógena, em consequência a abordagem de neutralidade ao risco não pode ser utilizada na avaliação do projeto; entretanto, conforme Dias (2005), a taxa livre de risco ( $r$ ) pode ser utilizada para fazer o desconto, no lugar de ( $\rho$ ), neste caso, a solução por programação dinâmica se torna equivalente a dos Ativos Contingentes.

O problema de valoração é dividido em duas partes, a primeira parte é a decisão imediata; e a segunda parte é uma função de valoração que engloba as consequências de todas as decisões subseqüentes (decisão futura). Depois de modelado o problema, a solução é obtida voltando do ponto final para o ponto inicial, considerando que, em cada período, de acordo com as informações disponíveis, as decisões serão ótimas, que é expressa através de uma Equação de Bellman conforme abaixo:

$$F_t(V_t) = \max \left\{ \overbrace{V_t - I}^{\text{Decisão Imediata}}, \underbrace{\frac{1}{1 + \rho} E_t [F_{t+1}(V_{t+1})]}_{\text{Decisão Futura}} \right\} \quad (10)$$

Em que:  $F_t$  = Valor da Opção de Investimento no tempo  $t \in T$ ;

$V_t$  = Valor Presente dos Fluxos de Caixa no tempo  $t$ ;

$I_t$  = Investimento;

$E_t [F_{t+1}(V_{t+1})]$  = Valor Esperado da Opção em  $t + 1$ , sujeito a complementação das informações em  $t$ .

Quando o horizonte de tempo é finito, existe um último instante  $T$  para se tomar a decisão utilizando a condição de otimização:  $\text{MAX}[VPL, 0]$ . A solução é a função valor para a

penúltima decisão, ou seja,  $T - 1$ , cuja solução vira função valor para a antepenúltima; ou seja,  $T - 2$ , e assim sucessivamente até a solução final em  $t = 0$ . Já quando o horizonte de tempo é infinito, o problema se torna mais simples, pois  $F(V, t)$  deixa de depender de  $t$  e cada decisão postergada leva a outra opção exatamente igual a anterior (perpetuamente) conduzindo a frequentes soluções analíticas para o problema (DIAS, 2005).

De qualquer forma, a solução do problema vai depender da resolução de uma equação diferencial restringida por suas condições de contorno que determinarão as decisões gerenciais ótimas e os seus limites. As principais condições de contorno são: a condição de suavidade (*smooth pasting condition*), que exige que a primeira derivada da função tenha o mesmo valor antes e depois do exercício da opção; e a condição de continuidade (*value matching condition*) que determina que no ponto ótimo o exercício da opção é indiferente. Ambas são necessárias, mas apenas a primeira é suficiente. Além disso, assim como no caso de ativos contingentes a análise por programação dinâmica utiliza o Lema Itô para expandir a equação diferencial, cuja solução fornecerá o valor da opção.

### 3.3.4 Processos Estocásticos

Conforme Ross (1996), o processo estocástico  $X = \{X(t), t \in T\}$  representa um conjunto de variáveis aleatórias, em que  $X(t)$  corresponde a uma variável aleatória de  $t$ , pertencente ao conjunto de índices  $T$ . Qualquer valor de  $X(t)$  é uma amostra que pode ser contínua ou discreta. Se o conjunto  $T$  for contável, o processo estocástico é discreto, se for incontável ou contínuo, o processo estocástico é contínuo. O índice  $t$  pode ser considerado tempo ou evento no caso de incerteza. Para Dias (2005), o processo estocástico pode ser visto como uma previsão somada a um erro desta previsão, ou seja,  $X(t) = E[X(t)] + \text{Erro}(t)$ . Um processo estocástico, em sua forma geral, pode ser expresso conforme a equação abaixo:

$$dV = a(V, t)dt + b(V, t)dz \quad (11)$$

Em que  $a$  e  $b$  são parâmetros arbitrários e podem ser fornecidos até mesmo como dados tabulados.  $dz$  é o incremento de um processo Wiener com as propriedades padrões: é um processo de Markov, que tem aumentos independentes, muda no processo sobre qualquer intervalo finito de tempo normalmente distribuído e tem uma variância que aumenta linearmente com o intervalo de tempo.

$$dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \text{ com } \varepsilon_t \sim N(0,1) \text{ e } dz \sim N(0, dt) \quad (12)$$

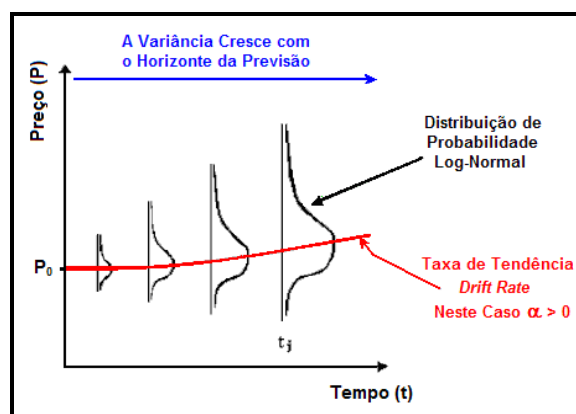
Em que  $\varepsilon_t$ , é uma variável aleatória normalmente distribuída com média zero e desvio padrão igual a um. A média do processo estocástico  $dV$  é:

$$E(dV) = a(V, t)dt \quad (13)$$

E a variância de  $dV$  é:

$$Var(dV) = b^2(V, t)dt \quad (14)$$

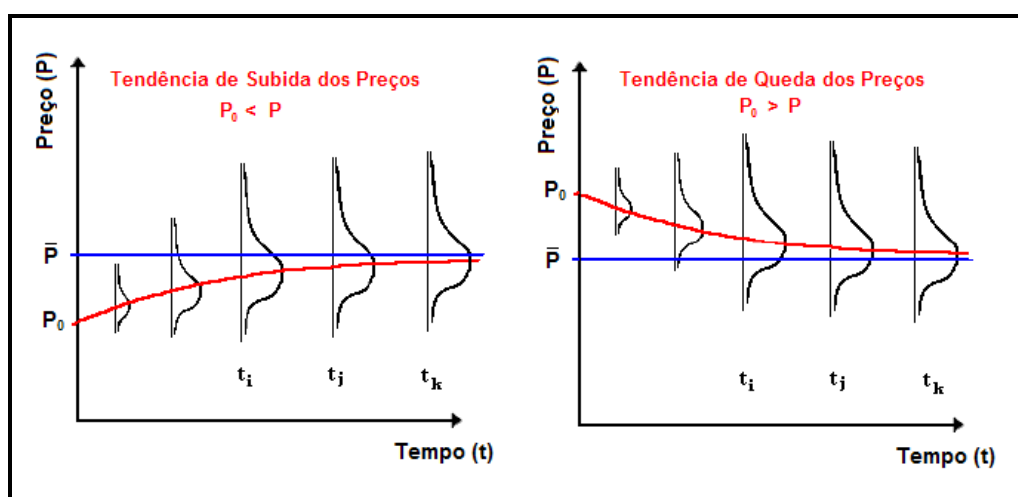
Há dois processos estocásticos bastante utilizados, O primeiro é o **Movimento Geométrico Browniano (MGB)**, o preferido tanto em opções financeiras quanto em opções reais devido as suas excelentes propriedades matemáticas, como por exemplo, a homogeneidade (DIAS, 2005). É indexado pelo tempo e que mapeia as probabilidades ao longo do tempo. A Equação (6),  $dV = \alpha V dt + \sigma V dz$ , mostra a forma específica do MGB, em que  $\alpha$  é a tendência de crescimento ou queda exponencial dos preços ( $P$ ), que tem uma distribuição log-normal cuja variância cresce indefinidamente ao longo do tempo, conforme a Figura 4 abaixo:



**Figura 4 – Representação do MGB (Preço x Tempo)**

Fonte: Dias (2005, p. 56)

O segundo, é o **Movimento de Reversão à Média (MRM)**, que também mapeia as probabilidades, entretanto sua tendência é o preço ( $P$ ) reverter para um nível de equilíbrio de mercado, ou seja, para média de longo prazo  $\bar{P}$ . Se  $P_0 < \bar{P}$  a tendência é o preço subir; e se  $P_0 > \bar{P}$  a tendência é o preço cair. Neste caso a variância cresce inicialmente e depois se estabiliza. Sua forma geral é  $dV = (P_0 - \bar{P})Vdt + \sigma Vdz$ . Diferentemente do MGB, conforme Dias (2005) o MRM possui diversos modelos, que vão desde os mais simples até os mais complexos. A Figura 5 a seguir mostra a representação gráfica do Movimento de Reversão à Média (duas possibilidades de tendência dos preços).



**Figura 5 – Representação do Movimento de Reversão à Média (Preço x Tempo)**

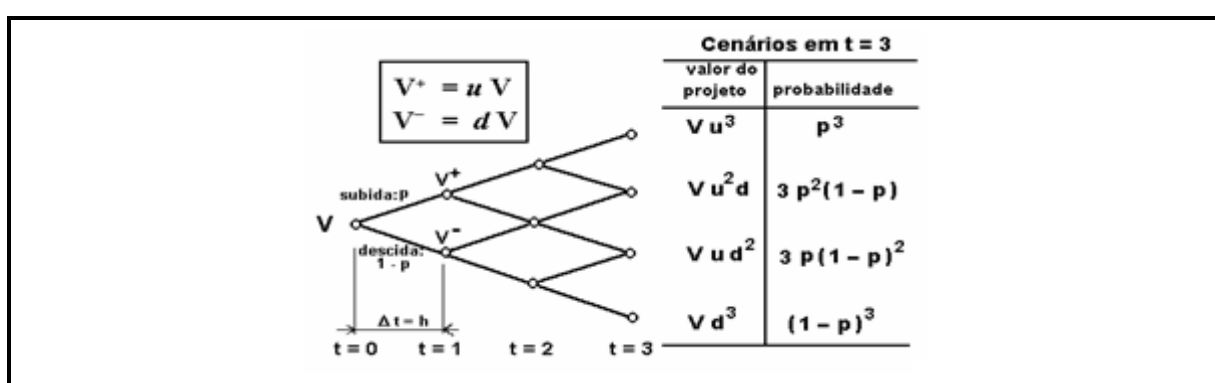
Fonte: Dias (2005, p. 60)

### 3.3.5 Métodos Numéricos

Os métodos numéricos são utilizados para aproximar soluções de problemas com impossibilidade de resolução analítica. É o que acontece, normalmente, com as EDP que precisam dos recursos dos métodos numéricos para fazer aproximações dos seus resultados. A única exceção de solução analítica para EDP é quando a opção é perpétua ou muito longa; nestes casos a equação é transformada numa Equação Diferencial Ordinária (EDO), pois,  $F_t = 0$ , o que torna possível sua solução analítica.



O método mais utilizado, pela facilidade, é o modelo binomial, mais conhecido como árvore binomial, primeiramente desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979). Ele resolve a equação estocástica diretamente, não há necessidade da construção da EDP. A distribuição de probabilidades do ativo é considerada lognormal contínua aproximada por uma distribuição binomial, ou seja, em cada período o ativo terá apenas dois valores possíveis. É uma árvore recombinante a partir do valor inicial do projeto (ativo). A Figura 6 a seguir mostra um modelo de Árvore Binomial para três períodos.



**Figura 6 – Representação do Modelo Binomial (Árvore Binomial)**

Fonte: Copeland e Antikarov (2003, p. 197)

Conforme a representação, o valor inicial ( $V$ ) é multiplicado por um fator de movimento ascendente ( $u$ ) e outro de movimento descendente ( $d$ ) que representam a volatilidade do valor do projeto e que guardam a seguinte identidade entre si:  $d = 1/u$ , com probabilidade de movimento ( $p$ ) e  $(1 - p)$ , conforme Copeland e Antikarov (2003), freqüentemente estas probabilidades são iguais, ou seja,  $p = 0,5(50\%)$ .

Para que essa árvore represente uma distribuição lognormal, é preciso que  $u$ ,  $d$  e  $p$  tenham valores apropriados, para que a média ( $\mu$ ) e a variância ( $\sigma^2$ ) dos retornos de  $V$  sejam iguais aos parâmetros do processo estocástico do MGB, descritos na Equação (6) (BRANDÃO; HACON; SAMPAIO, 2005).

$$\text{O movimento ascendente: } u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \text{ ou } u = \sigma \sqrt{\Delta t} \quad (15)$$

em que  $\sigma$  é a volatilidade do projeto, ou seja, o desvio padrão dos retornos, calculado através

de simulação Monte Carlo com 1.000 iterações conforme equação abaixo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum \mu_i^2 - (\sum \mu_i)^2}{n^2}} \quad (16)$$

$$\text{O movimento descendente: } d = e^{-\sigma \sqrt{dt}} \text{ ou } d = \frac{1}{\sigma \sqrt{dt}} \text{ ou } d = \frac{1}{u} \quad (17)$$

A probabilidade pode ser obtida conforme equação abaixo:

$$p = \frac{1}{2} + \left( \alpha - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \sqrt{dt} \text{ ou } p = \frac{(1+r) - d}{u - d} \quad (18)$$

Mas, os métodos de diferenças finitas são mais populares para se obter soluções numéricas para uma Equação Diferencial Parcial (EDP), diferentemente do método, visto anteriormente, que obtém as soluções diretamente da equação estocástica sem construir a EDP. O método de diferenças finitas envolve a substituição da EDP que é transformada num conjunto de equações de diferenças que são resolvidas iterativamente através de aproximações baseadas nas expansões da série de Taylor das equações, ou seja, por um processo de discretização<sup>29</sup> da EDP (DIXIT; PINDYCK, 1994).

As diferenças finitas<sup>30</sup> podem ser explícitas ou implícitas. Sendo as primeiras, mais popular que as segundas devido a sua facilidade intuitiva, pois as implícitas envolvem conjuntos de equações que tornam as soluções trabalhosas.

### 3.3.6 Simulação Monte Carlo (SMC)

A técnica de simulação Monte Carlo<sup>31</sup> é uma ferramenta estatística que gera uma seqüência de números aleatórios para resolver problemas de natureza estocástica ou determinística. A SMC é bastante utilizada para calcular a volatilidade ( $\sigma$ ) de modelos de opções reais, pois, como os projetos de investimentos não possuem dados históricos sobre o valor do

<sup>29</sup> Diz respeito ao processo de transferir equações contínuas para equações correlatas discretas.

<sup>30</sup> Mais detalhes ver Dixit e Pindyck (1994).

<sup>31</sup> Monte Carlo porque suas primeiras aplicações foram para simular jogos dos cassinos da cidade que lhe deu o nome, localizada no principado de Mônaco na Europa.

projeto, não é possível fazer a estimação deste parâmetro que representa a incorporação do risco na avaliação do investimento. O valor da opção está diretamente relacionado ao valor da volatilidade do projeto (ativo subjacente sujeito a risco).

A volatilidade ( $\sigma$ ) de modelos de opções reais é o desvio padrão das variações percentuais do valor do projeto de um período para o seguinte. Utilizando a simulação Monte Carlo é possível gerar um conjunto de fluxos de caixa futuros que possibilitarão o cálculo de novos valores presentes para cada período. Assim, ao final do primeiro período o valor do projeto será uma variável aleatória  $\tilde{V}_1$ , e o valor de tendência do projeto  $\tilde{\alpha}$  (taxa de crescimento) pode ser calculado conforme a equação abaixo:

$$\tilde{\alpha} = \ln \left( \frac{\tilde{V}_1}{V_0} \right) \quad (19)$$

O **Crystal Ball**®<sup>32</sup> é um aplicativo que trabalha sobreposto a uma planilha do Excel (Pacote *Office* da *Microsoft*), relativamente simples, o que o transforma numa boa ferramenta para obtenção do valor da volatilidade e assim embutir a incerteza no valor do projeto. Após as definições das hipóteses e da variável de previsão, utilizando a Simulação Monte Carlo o aplicativo gera valores aleatórios para as variáveis incertas repetidamente até atingir o número de iterações (definido pelo usuário) resultando em um modelo simulado cujas informações são disponibilizadas em gráficos de previsão, indicando a probabilidade de alcançar os resultados como a volatilidade do projeto.

Uma das maiores limitações do **Crystal Ball**® é a impossibilidade de incorporar as heterogeneidades de modelos complexos. Entretanto, como o modelo estimado foi reduzido a uma Equação Diferencial Ordinária homogênea (EDO), que admite uma solução analítica, devido a opção ser perpétua (igualmente seria para uma opção muito longa, em que  $t > 30$  anos), o resultado não é afetado.

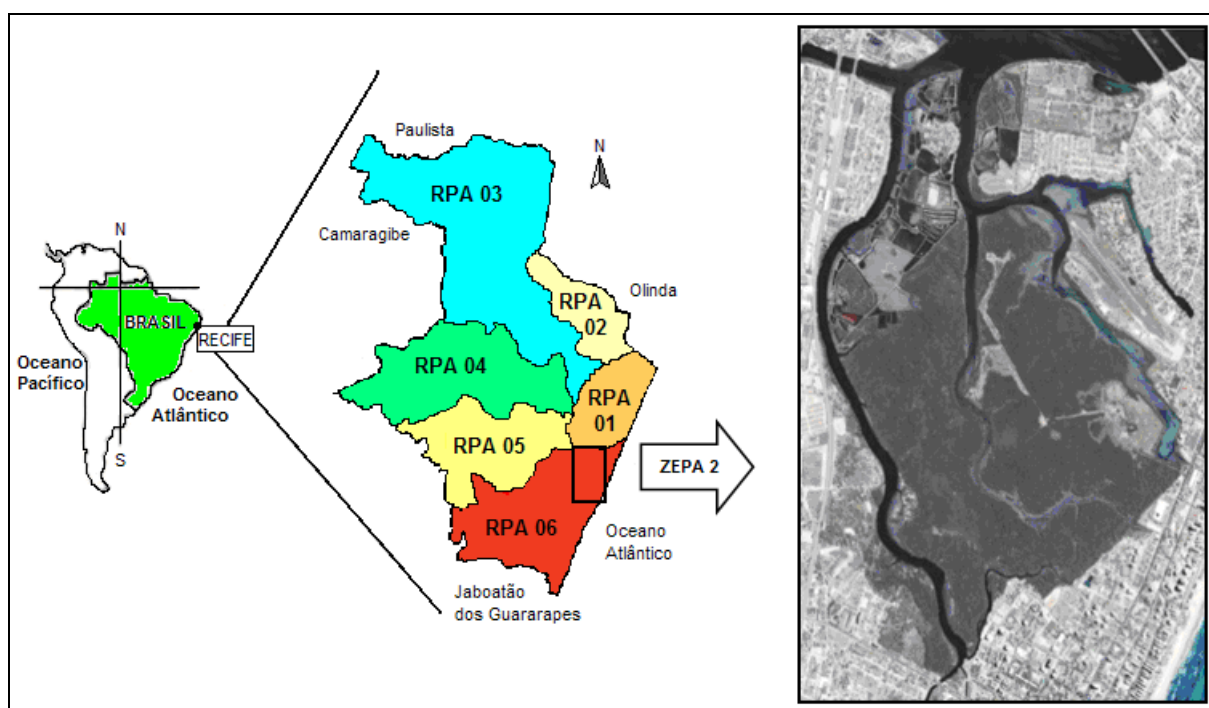
---

<sup>32</sup> O software Crystal Ball® é um produto registrado *DECISIONEERING Crystal Ball Risk Analysis Software & Solutions*. Uma versão para teste pode ser obtida no site: <http://www.crystalball.com>.

## 4. O PARQUE DOS MANGUEZAIS<sup>33</sup>

### 4.1 ÁREA E LOCALIZAÇÃO

O Parque dos Manguezais está localizado na porção sul da cidade do Recife, entre os bairros de Boa Viagem e do Pina, numa área conhecida como antiga “Estação Rádio Pina” da Marinha do Brasil. Possui uma área total de 307,83 ha. e tem seu acesso principal feito pela avenida Domingos Ferreira (pista local). A Figura 7 a seguir mostra a situação desta área de mangue.



**Figura 7 – Situação da ZEPa 2 – Parque dos Manguezais**

Fonte: PCR (2004)

Como é possível observar na Figura 7 acima, o Parque dos Manguezais está espremido numa área bastante edificada, próxima à beira mar (praia) na zona sul do Recife, localização bem valorizada na cidade. Esta situação aumenta a pressão sobre o parque, um dos poucos locais ainda intactos, principalmente pelo setor imobiliário.

<sup>33</sup> Texto composto predominantemente por um resumo do Relatório de Diagnóstico Zona Especial de Preservação Ambiental – ZEPa 2, da PCR (2004).

O parque possui aspecto essencialmente aquático, com manguezais e ilhas envolvidas por braços dos rios Jordão e Pina, mas com influência de outros dois rios, Tejipió e Capibaribe. Segundo o Diagnóstico Ambiental da ZEPA 2: *“o espaço urbano do Parque encontra-se ainda bem conservado e pode ser considerado um verdadeiro santuário ecológico tão especialmente característico do panorama da cidade do Recife”*.

## 4.2 EVOLUÇÃO DO TECIDO URBANO

As origens da cidade do Recife – chamada pelo primeiro donatário, Duarte Coelho de “Arrecifes dos Navios” – remontam de 12 de março de 1537, quando passou a ser o principal porto da capitania hereditária. Inicialmente foi instalado um povoado de pequenas moradias, que se destinava às atividades portuárias e a pesca (SIEBERT, 2001).

É fato que a invasão e ocupação holandesa no século XVII foram o marco para urbanização da cidade do Recife, que até então continuava sendo um entreposto para os produtos que chegavam para a cidade de Olinda, sede administrativa da capitania. Depois de assumir o cargo de governador do Brasil Holandês, o Conde Maurício de Nassau mandou abrir canais, construiu diques, pontes, palácios e jardins e calçar ruas, aterrando áreas de mangue e terrenos alagadiços para erguer a sua **Cidade Maurícia**<sup>34</sup>.

Segundo Silva (2001), foi a ocupação e aterros promovidos pelos holandeses que provocaram a formação do tecido urbano do Recife em quase toda a planície, na forma de leque, rádio concêntrica em torno do porto. E ainda, mesmo após a expulsão dos holandeses, em 1644, os aterros continuaram.

O bairro de Boa Viagem, localizado na porção sul do Recife, naquela época, formava uma propriedade que se estendia do Pontal do Pina até a atual praia de Candeias. Segundo Costa (2001), a urbanização do bairro teve início com a construção da capela, em 1707,

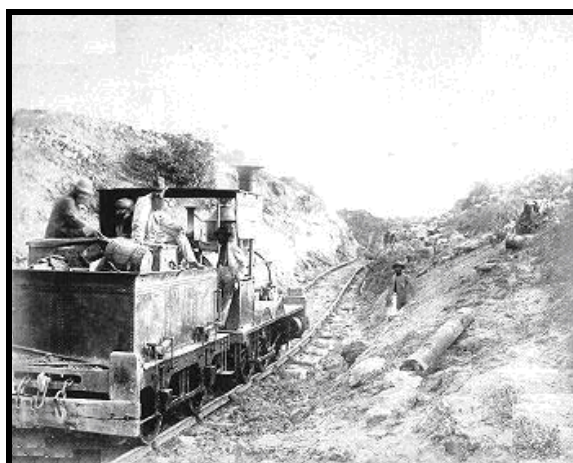
---

<sup>34</sup> Nome dado em 17 de dezembro de 1639, ao centro projetado pelo arquiteto Pieter Post (SIEBERT, 2001).

atualmente, Igreja da Invocação de Nossa Senhora de Boa Viagem. Como o local era de ro-maria, pequenas habitações foram construídas nos arredores para abrigar os romeiros e viajan-tes que passavam pelos caminhos da atual Avenida Boa Viagem.

Ainda no século XVIII, a ocupação urbana de Recife rompeu os limites da cidade e invadiu as áreas ribeirinhas e a orla marítima, foram mais aterros de áreas de mangues e de alagados. O bairro de Boa Viagem passa a ser preferido por pescadores que se instalam no local construindo habitações fixas próximas a praia.

Em 1858, a inauguração da estrada de ferro Recife-São Francisco, primeira do Nordeste, possibilitou maior contato do subúrbio com o litoral. A Figura 8 abaixo mostra a locomotiva que fazia o transporte de passageiros e material.



**Figura 8 – Primeira Locomotiva Recife-São Francisco (Depois do Cabo<sup>35</sup>)**

Fonte: Fotos antigas do Recife (disponível em Yahoo Albuns: [www.yahoo.com.br](http://www.yahoo.com.br))

No final do século XIX, com a popularização do banho do mar, a praia de Boa Viagem foi se tornando preferida dos habitantes de Recife que passaram a comprar as casas dos pescadores e construir casas de veraneio para o final de semana e férias. Contudo, foi a inauguração da Avenida Boa Viagem e da Ponte do Pina, que fez a integração definitiva do bairro à vida dos recifenses. Em 1940, as casas de veraneio passaram a ser substituídas por residências e nos anos 1950 surgiram os primeiros edifícios.

---

<sup>35</sup> Refere-se ao município do Cabo de Santo Agostinho, distante 41 Km da cidade do Recife.

Nos anos seguintes, ocorreu uma forte expansão urbana dos bairros de Boa Viagem e do Pina, que pode ser observada nas modernas e luxuosas habitações que foram construídas no local, boa parte sobre manguezais que foram aterrados, para atender à demanda que crescia ano após ano. À medida que os bairros citados cresciam para o interior, mais manguezais eram aterrados. Grandes empreendimentos – como a construção do Shopping Center Recife – surgiram sobre aterros de grandes áreas de manguezal.

A razão é que no início do século XX, o processo de urbanização procurou atender a necessidade de ampliação do porto do Recife, para proporcionar infra-estrutura para os produtores locais; desta vez, gerando um grande deslocamento do centro para a periferia, pois a área central estava super valorizada. Com isso a cidade crescia e a ocupação da área urbana, promovida principalmente pelos êxodos rurais acontecia na periferia.

Assim, já na metade do século XX, a periferia estava ocupada por “mucambos”, as intervenções do governo e as enchentes causadas pelos aterros nos estuários dos rios Beberibe e Capibaribe pressionaram a população para Olinda, Jaboatão, os morros de Casa Amarela e adjacências. E mais, na década de 1970, com a volta da industrialização pela implantação do Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), o êxodo rural em massa agravou a situação habitacional da cidade expandindo as favelas e ocasionando mais aterros.

A área do Parque dos Manguezais encontra-se intacta devido ao fato de, na década de 1940, durante a II Guerra Mundial, ter sido o local escolhido pelos americanos para implantar uma Estação Rádio, que posteriormente passou ao controle da Marinha do Brasil que manteve a Estação Rádio Pina (ERP) com a finalidade de executar e dirigir serviços especiais de comunicações para Armada brasileira até os anos 1990, quando então desativou a Organização Militar. Entretanto, até hoje a Marinha continua protegendo o local de potenciais invasões e ocupações efetivas. O parque encontra-se delimitado por dois dos mais antigos caminhos ou estradas recifenses que levam ao litoral sul da cidade: o primeiro, o mais antigo ca-

minho da praia, que se destina à praia de Boa Viagem, a Avenida de mesmo nome; e o segundo, situado mais na parte interior, conhecido como Estrada da Imbiribeira, hoje, Avenida Mascarenhas de Moraes. Até hoje a área sofre grande pressão imobiliária, sendo, em média o metro quadrado (m<sup>2</sup>) mais caro do Recife.

Para Menezes (2000), sobre a evolução da ocupação da cidade do Recife, não há dúvida que a cidade foi densamente ocupada em seus limites com aterros dos terrenos de mangue. E assim, existe uma tendência de continuidade dos aterros, só que em uma escala maior e com maior rapidez.

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS DA REGIÃO

O Parque dos Manguezais tem seu entorno composto por dez comunidades identificadas denominadas por Bacardi, Beira Rio, Bode, Pantanal, Ilha do Destino, Paraíso, Deus nos Acuda, Xuxa-Pelé, Beira da Maré e Valdir Pessoa, conforme a Figura 9 abaixo:



**Figura 9 – Mapeamento das Comunidades do Entorno do Parque dos Manguezais**

Fonte: Elaboração própria a partir do Google Earth ® 2007



A Figura 9 mostra as comunidades do entorno do Parque dos Manguezais, em que vivem pessoas pobres, não por opção, mas por necessidade, pois a ocupação de áreas alagadas foi o que restou a quem não pode pagar por um terreno no mercado imobiliário. A Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) estima em 10 mil a quantidade de pessoas que ocupa o entorno do parque, número que cresce em detrimento do mangue que está sendo aterrado para dar lugar aos novos barracos, comprometendo os limites desse ecossistema (FAVELAS, 2004).

#### 4.3.1 Renda Familiar

O rendimento familiar é um bom indicador para avaliar o bem-estar de uma comunidade em geral, sem discriminação de sexo ou idade. A Tabela 1 abaixo, estratifica o rendimento familiar por número de salários mínimos. Ela mostra os valores percentuais para as principais comunidades do entorno e sua média percentual.

**Tabela 1 – Domicílios Particulares Permanentes – Rendimento Nominal – 1996 (%)**

| Estrato de Renda      | COMUNIDADES |           |      |          |                 |         |                |           |               |               |             |
|-----------------------|-------------|-----------|------|----------|-----------------|---------|----------------|-----------|---------------|---------------|-------------|
|                       | Bacardi     | Beira Rio | Bode | Pantanal | Ilha do Destino | Paraíso | Deus nos Acuda | Xuxa Pelé | Beira da Maré | Valdir Pessoa | Média       |
| <b>Menos de ½ SM</b>  | 10,1        | 3,4       | 3,8  | 5,1      | 4,4             | 4,0     | 8,8            | 3,7       | 2,6           | 3,4           | <b>4,9</b>  |
| <b>Entre ½ e 1 SM</b> | 22,0        | 19,6      | 30,0 | 22,4     | 22,2            | 32,0    | 14,7           | 22,2      | 22,7          | 26,1          | <b>23,4</b> |
| <b>Entre 1 e 2 SM</b> | 29,0        | 29,2      | 26,2 | 37,9     | 37,7            | 27,0    | 32,5           | 37,0      | 26,7          | 21,6          | <b>30,5</b> |
| <b>Entre 2 e 3 SM</b> | 15,2        | 19,6      | 11,9 | 12,0     | 15,5            | 11,0    | 23,5           | 16,0      | 16,0          | 16,7          | <b>15,7</b> |
| <b>Entre 3 e 4 SM</b> | 5,0         | 9,3       | 8,7  | 7,0      | 6,6             | 12,0    | 8,8            | 3,7       | 4,0           | 8,0           | <b>7,3</b>  |
| <b>Entre 4 e 5 SM</b> | 5,0         | 6,8       | 4,3  | 1,7      | 2,2             | 4,0     | -              | 1,2       | 5,2           | 9,7           | <b>4,0</b>  |
| <b>Mais de 5 SM</b>   | 10,1        | 9,7       | 3,1  | -        | 2,2             | -       | -              | 1,2       | 1,3           | 8,3           | <b>3,6</b>  |
| <b>Sem Renda</b>      | 3,5         | 2,4       | 11,8 | 13,8     | 8,8             | 10,0    | 11,7           | 14,8      | 21,4          | 5,9           | <b>10,4</b> |

Fonte: PCR (2004)

Conforme os dados apresentados acima, 4,9% das famílias vivem com menos de meio salário mínimo, na comunidade do Bacardi esse percentual chega a 10,1%. Em média 10,4% não têm qualquer rendimento para sobreviver, neste caso a maior influência vem da comunidade da Beira da Maré (21,4%). Além disso, 58% do pessoal remunerado recebe até dois salários mínimos por mês, média razoável, mas não compatível com a região de Boa Vi-

agem em que se insere essas comunidades.

O percentual médio de famílias privilegiadas com rendimentos mensais superiores a cinco salários mínimos é de 3,6%. Entretanto, nas comunidades do Pantanal e do Paraíso nenhuma família recebe mais que cinco salários mínimos e na comunidade Deus nos Acuda ninguém recebe mais que quatro salários mínimos.

As distorções são mais visíveis quando os números dessas comunidades são comparados aos dos bairros da Região Político-Administrativo (RPA), em que estão enquadradas, os quais estão apresentados na Tabela 2. A média de famílias que ganha acima de cinco salários mínimos em 1991 era de 32,04% e passou para 36,46% em 2000 sob forte influência do bairro de Boa Viagem, com 69,82% e 74,54%, respectivamente. O salário médio em 1991 era de R\$ 1.140,69 e passou para R\$ 1.264,56 em 2000.

**Tabela 2 – Domicílios Particulares Permanentes – Rendimento – 1991 e 2000**

| Bairro              | Entre 5 e 10 SM (%) |              | Acima de 10 SM (%) |              | Renda Média (R\$) |                 |
|---------------------|---------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------|-----------------|
|                     | 1991                | 2000         | 1991               | 2000         | 1991              | 2000            |
| Boa Viagem          | 20,20               | 18,37        | 49,62              | 56,17        | 2.586,95          | 2.857,28        |
| Brasília Teimosa    | 6,08                | 6,51         | 1,20               | 1,57         | 309,21            | 313,09          |
| Cohab               | 4,46                | 6,94         | 0,92               | 1,39         | 287,64            | 316,69          |
| Ibura               | 5,52                | 9,84         | 1,50               | 3,02         | 323,21            | 393,67          |
| Imbiribeira         | 18,52               | 18,27        | 12,52              | 14,78        | 800,26            | 801,27          |
| Ipsep               | 19,64               | 27,01        | 8,28               | 13,62        | 717,80            | 871,80          |
| Jordão              | 6,32                | 8,49         | 1,76               | 2,36         | 344,64            | 358,01          |
| Pina                | 9,86                | 11,38        | 8,58               | 10,83        | 638,37            | 758,63          |
| <b>Média Região</b> | <b>13,14</b>        | <b>14,22</b> | <b>18,90</b>       | <b>22,24</b> | <b>1.140,69</b>   | <b>1.264,56</b> |
| <b>Média Recife</b> | <b>11,60</b>        | <b>12,83</b> | <b>12,36</b>       | <b>15,39</b> | <b>805,86</b>     | <b>914,20</b>   |

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife (PCR, 2005) – Nota: Dados atualizados para 2005.

O Diagnóstico mostra ainda que, embora o rendimento mensal médio nas comunidades pesquisadas seja baixo, apenas 5,2% dos imóveis são utilizados para fins que não seja o residencial. Este fato mostra que 94,8% da população local não desenvolve em suas casas qualquer atividade complementar de renda. Estes dados refletem a situação de miséria e exclusão social que vivem os moradores da beira do mangue, dificuldades que perduram por mais de meio século.

### 4.3.2 Trabalho e Lazer

A Tabela 3 abaixo mostra as principais ocupações dos moradores das comunidades circunvizinhas do Parque dos Manguezais. É possível observar que a maioria dos homens e mulheres das comunidades, ou está sem ocupação, ou está estudando. Entretanto, há ocorrências de funcionários públicos, empregadas domésticas, serventes e ambulantes. A atividade pesqueira é pouco explorada na comunidade apesar da proximidade com o mangue.

**Tabela 3 – Principais Ocupações dos Moradores – Por Gênero – 1996 (%)**

| COMUNIDADES            | OCUPAÇÕES                                                                                                                           |                                                                                                              |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Homens                                                                                                                              | Mulheres                                                                                                     |
| <b>Bacardi</b>         | Sem Ocupação (31,5%)<br>Pescador (27,0%)<br>Estudante/Do Lar (14,5%)                                                                | Estudante/Do Lar (35,2%)<br>Sem Ocupação (31,9%)<br>Trabalhos Domésticos (20,0%)                             |
| <b>Beira Rio</b>       | Sem Ocupação (37,8%)<br>Outras Ocupações (23,0%)<br>Estudante/Do Lar (14,6%)                                                        | Estudante do Lar (34,9%)<br>Sem Ocupação (26,9%)<br>Outras Ocupações (8,9%)                                  |
| <b>Do Bode</b>         | Estudante/Do Lar (24,0%)<br>Outras Ocupações (16,3%)<br>Sem Ocupação (11,2%)<br>Servente/Faxineiro (6,8%)                           | Estudante/Do Lar (48,7%)<br>Empregada Doméstica (11,4%)<br>Aposentada (8,3%)                                 |
| <b>Pantanal</b>        | Sem Ocupação (30,0%)<br>Outras Ocupações (17,7%)<br>Estudantes/Do Lar (14,0%)<br>Comerciante (12,1%)<br>Trabalhos Domésticos (9,3%) | Sem Ocupação (29,5%)<br>Estudante/Do Lar (27,3%)<br>Trabalhos Domésticos (17,9%)<br>Outras Ocupações (14,7%) |
| <b>Ilha do Destino</b> | Sem Ocupação (35,4%)<br>Serventes/Faxineiros (11,4%)<br>Estudantes/Do Lar (11,4%)                                                   | Sem Ocupação (35,6%)<br>Estudante/Do Lar (30,8%)<br>Vendedora Ambulante (7,7%)                               |
| <b>Paraíso</b>         | Sem Ocupação (38,2%)<br>Estudante/Do Lar (17,4%)<br>Servente/Faxineiro (9,0%)                                                       | Sem Ocupação (37,4%)<br>Estudante/Do Lar (29,6%)<br>Empregada Doméstica (12,3%)                              |
| <b>Deus nos Acuda</b>  | Sem Ocupação (30,7%)<br>Comerciante (20,0%)<br>Trabalhos Domésticos (12,3%)<br>Outras Ocupações (13,8%)                             | Sem Ocupação (39,7%)<br>Estudante/Do Lar (38,3%)<br>Trabalhos Domésticos (18,0%)                             |
| <b>Xuxa-Pelé</b>       | Sem Ocupação (34,9%)<br>Estudante/Do Lar (19,4%)<br>Ambulante (5,7%)<br>Outras Ocupações (14,3%)                                    | Estudante/Do Lar (38,8%)<br>Sem Ocupação (35,1%)<br>Empregada Doméstica (12,2%)                              |
| <b>Valdir Pessoa</b>   | Estudante/Do Lar (28,3%)<br>Funcionário Público (25,3%)<br>Aposentado (8,1%)<br>Pescador (7,1%)                                     | Estudante/Do Lar (49,7%)<br>Funcionário Público (12,5%)<br>Aposentada (8,2%)                                 |

Fonte: PCR (2004) – Para a comunidade Beira da Maré não houve observação para Trabalho

Conforme Diagnóstico ZEPa-2 em relação as principais oportunidades de lazer, dentro e fora das comunidades, a televisão e a igreja são as atividades preferidas dentro das comunidades. Fora das comunidades, como há mais opções de lazer, os moradores se diver-

tem indo à praia, ao shopping ou ao cinema, e jogando futebol. Mesmo fora das comunidades, a igreja é muito freqüentada, o que pode ser interpretado ou como lazer, ou como obrigação dos finais de semana.

#### **4.3.3 Infra-Estrutura das Comunidades do Entorno**

As comunidades do entorno do Parque dos Manguezais são abastecidas por água potável da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). O abastecimento é feito no regime de rodízio. A área não é beneficiada pelo esgotamento sanitário da companhia. Seus dejetos são jogados em fossas, no solo ou diretamente no manguezal.

A maioria das comunidades do entorno do Parque dos Manguezais é urbanizada, a exceção são alguns pontos de invasões. As vias são pavimentadas com paralelepípedo e asfalto. Incluída na Bacia do Pina, 10% da drenagem é feita em leito natural, e o restante é feito por galerias pluviais e canaletas revestidas.

A Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) gerencia o sistema de recolhimento do lixo das comunidades através da Diretoria de Limpeza Urbana (DLU). Todas as comunidades limítrofes do Parque dos Manguezais são atendidas pelo sistema convencional de coleta de lixo.

A CELPE atende a demanda por energia das comunidades do entorno. A maioria é formada por consumidores de baixa renda que utiliza a ligação convencional. Entretanto, a empresa garante que há um grande percentual de ligações irregulares na região.

Em relação à demanda por transporte público, segundo a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU), citada no Diagnóstico ZEPA-2, as comunidades do entorno do Parque dos Manguezais, estão satisfatoriamente bem servidas de transporte coletivo convencional e alternativo: para a empresa não há dificuldade de locomoção através do transporte público e as populações ali instaladas dispõem de inúmeras opções de destino.

## **4.4 ASPECTOS BIÓTICOS DO MANGUEZAL**

### **4.4.1 Ambiente Aquático – Qualidade da Água**

O Parque dos Manguezais é intensamente povoada por habitações precárias, com fraco abastecimento de água e sem saneamento básico. Situação agravada pela forte pressão para ocupar a área mais interna do manguezal, que é parcialmente controlada pela Marinha do Brasil que ocupa a antiga Estação Rádio Pina.

Entretanto, a vigilância do local não tem impedido nem a extração de madeira nem a prática de atividades pesqueiras nas porções externas e internas do Parque dos Manguezais, incluindo a captura de peixes, caranguejos e guaiamus. Também não impede que os resíduos sólidos e esgotos sejam jogados no mangue causando poluição.

Devido a poluição gerada pelos esgotos e lixo, as marés têm uma grande importância na melhoria da qualidade das águas, pois, a cada inundação ocorre um aumento do oxigênio dissolvido, da transparência e da salinidade em todo mangue.

A região é explorada por moradores da comunidade de Ilha de Deus para a prática da carcinicultura marinha cujos diques dos viveiros são construídos com o material disponível no próprio mangue, sem qualquer separação dos resíduos sólidos e demais dejetos. De um modo geral, a qualidade da água dos viveiros não é muito boa, do ponto de vista bacteriológico, e a condição sanitária do produto deixa a desejar, apesar de obtidas altas produtividades.

### **4.4.2 Vegetação**

O Parque dos Manguezais é considerado uma formação paludosa costeira. Três espécies típicas de mangues são encontradas na área, o mangue-branco (*Laguncularia Racemosa*), de excelente tolerância, ocupa áreas com solos mais consolidados; o mangue-vermelho (*Rhizophora Mangle*), com seu característico sistema de raízes escoras; e o mangue-siriúba (*Avicennia Schaueriana*), predominando nas áreas mais atingidas pelas marés.

O manguezal é uma vegetação de influência flúvio-marinha que ocupa toda área do Parque. Sua origem vem do contato da água salgada do mar com a água doce do rio quando ocorre a retenção dos sedimentos trazidos pelos rios que conforme o acumulo vão formando terrenos de pântano. Obrigatoriamente, a maioria das espécies vive nesse terreno pantanoso. Entretanto, há espécies mais maduras que vivem nos terrenos mais secos.

O Diagnóstico ZEPA-2 observou mais de 50 espécies vegetais no Parque dos Manguezais. O mangue-vermelho e o mangue-siriúba apresentam densidade de 6.000 indivíduos por hectare, enquanto que o mangue-branco apresenta densidade de 13.600 indivíduos por hectare. Ainda que a área apresente espécies invasoras, ela é fortemente ocupada por comunidades típicas do mangue fortemente diversificado.

#### **4.4.3 Fauna**

A fauna local está representada principalmente por aves, totalizando 86 espécies diferentes, e por vários crustáceos (camarão, siri e o caranguejo). Além das aves e crustáceos, vivem no local anfíbios (bufo jimi e bufo crucifer), répteis (lagarticha e calanto) e mamíferos (timbu, ratazana, rato-de-casa e catita).

Dentre as espécies de aves encontradas destacam-se quatro grupos: (i) as que reproduzem na área (garça-real, garça-branca, socozinho, savacú e savacú-de-coroa); (ii) as especializadas em manguezais (sebite do mangue); (iii) as migratórias (as aves oceânicas bobo-grande e bobo-grande-de-sobre-branco); e (iv) as de valor cinegético (irerê, marrecatoucinho, rolinha, rolinha-caldo-de-feijão e rolinha-de-asa-canela - que são de grande importância, pois são utilizadas pelas comunidades para subsistência ou comercialização).

Apesar das fortes pressões do homem, o Parque dos Manguezais funciona como um ecossistema de transição entre os ambientes marinho e terrestre, onde os seus mangues são importantes para a região costeira da cidade, constituindo um “habitat” para mamíferos, aves,

répteis, peixes, crustáceos e moluscos.

Independente da gama de espécies e de tipos de floresta, o múltiplo papel ecológico do ecossistema do manguezal é, econômica e socialmente, muito significativo.

#### 4.5 FONTES POTENCIAIS DE AMEAÇAS

Apesar dos muitos benefícios proporcionados pelos mangues, eles estão sob intensa pressão para utilização dos seus recursos. Em particular, extração de madeira, aquíicultura-carcinicultura. Além do aumento das atividades comerciais, as necessidades por desenvolvimento urbano estão conduzindo à uma rápida conversão dos mangues por isso, são necessárias boas estratégias de gerenciamento para as áreas de mangue remanescentes. O Quadro 4 abaixo mostra as fontes potenciais de ameaças ao Parque dos Manguezais.

**Quadro 4 – Fontes Potenciais de Ameaças ao Manguezal**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Tipos Potenciais de Uso Não Sustentável</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extração de Madeira</li> <li>• Exploração Excessiva dos Recursos do Mangue</li> <li>• Produção de Carvão</li> </ul> <p><b>Opções de Conversão</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversão para Agricultura (Plantações Diversas)</li> <li>• Conversão para Aquíicultura</li> <li>• Conversão para Lagoas de Sal</li> <li>• Conversão para Desenvolvimento Industrial, Turístico e Residencial</li> <li>• Construção de Portos e Canais</li> <li>• Construção de Estradas e Pequenos Cais (Desenvolvimento Urbano)</li> <li>• Represas Locais</li> <li>• Extração de Minério</li> </ul> <p><b>Fonte Potencial de Poluição</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esgoto</li> <li>• Lixo Sólido</li> <li>• Derramamento de Óleos e Outros Componentes Químicos</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Adaptado de Bann (1997).

Como é possível observar no Quadro (4) acima, são varias as fontes de ameaças. Em alguns casos, a perda ou o dano ao manguezal pode ser justificado. Porém, muitas vezes, a decisão de se explorar o mangue é baseada apenas nos ganhos comerciáveis daquele uso. Desta forma, são ignorados os muitos valores ambientais que estão sendo perdidos de maneira

irreversível como resultado da decisão de uso. O valor dos recursos naturais, seus serviços e funções, pode exceder os ganhos monetários decorrentes do uso alternativo. É preciso precaução na tomada de decisão, avaliando todas as opções de gerenciamento alternativas.

#### 4.6 OPÇÕES DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS DO MANGUE

Conforme Bann (1997) há um grande número de estratégias de gerenciamento que pode ser considerado para cada área do mangue, que dependerá do local, das características ecológicas do manguezal e das possibilidades de desenvolvimento e prioridades para a área. O Quadro 5 abaixo mostra as opções de gerenciamento que compreendem desde a opção de preservação total até as opções de uso múltiplo e inclusive as opções de exploração do mangue para fins especificamente produtivos:

**Quadro 5 – Possíveis Opções de Gerenciamento para o Recurso de Mangue**

| Opção de Flexibilidade                                                                       | Descrição da Opção                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proteção do Recurso Natural                                                                  | Proibição de Usos Produtivos                                                                                                                                                                                                                             |
| Silvicultura de Subsistência Sustentável<br>Cultivo, Reprodução e Desenvolvimento de Árvores | Coleta autorizada de Produtos do Mangue pela Comunidade; Gerenciamento da Mata pela Comunidade Local; Imposição de uma Taxa Máxima de Coleta para não exceder a capacidade de se regenerar e desenvolver naturalmente para assegurar a sustentabilidade. |
| Silvicultura Comercial Sustentável                                                           | Coleta de um Volume Comercial Especificado de Produtos do Mangue.                                                                                                                                                                                        |
| Aqüicultura + Silvicultura                                                                   | Conversão Parte do Mangue Destinada para Viveiros de Peixes Enquanto Algumas Partes Permanecem Arborizadas; e Alocação de Zonas de Armazenamento.                                                                                                        |
| Aqüicultura Semi-Intensiva                                                                   | Conversão do Mangue em Viveiros de Peixes que Empregam Aqüicultura Semi-Intensiva; Observação de Zonas de Armazenamento Obrigatórias.                                                                                                                    |
| Aqüicultura Intensiva                                                                        | Conversão do Mangue em Viveiros de Peixes que Empregam Aqüicultura Intensiva; Observação de Zonas de Armazenamento Obrigatórias.                                                                                                                         |
| Silvicultura Comercial + Aqüicultura Intensiva                                               | Opção de Uso Múltipla que Vise Maximizar a Produção de Matas e Peixes.                                                                                                                                                                                   |
| Silvicultura de Subsistência + Aqüicultura Intensiva                                         | Opção de Uso Múltipla que Reconheça as Necessidades de Madeira das Comunidades Locais e os Potenciais para Cultura de Peixe.                                                                                                                             |
| Desenvolvimento Urbano, Industrial e Recreativo                                              | Conversão para Propósitos de Desenvolvimento                                                                                                                                                                                                             |

Fonte: A partir de Bann (1997).

É importante frisar que as opções de gerenciamento selecionadas devem estar ba-



seadas em algum julgamento sobre o que é técnica e politicamente possível. Conforme Bann (1997) é preciso satisfazer considerações ambientais em todas as opções. Por exemplo, replantio, corte seletivo, proibições de cortes e até delimitação de cinturões verdes são, potencialmente, opções de gerenciamento que contribuem para o desenvolvimento sustentável.

A proposta de intervenção urbana e preservação ecológica da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), lançada em fevereiro de 2004, previa a construção de uma via que comprometeria 4,4 ha do Parque dos Manguezais. Inicialmente, a intenção era construir uma estrutura suspensa que agredisse o mínimo possível os manguezais da região. Comparada à proposta anterior, a Linha Verde que comprometeria 25,4 ha do parque, esta representava um avanço na consciência dos órgãos gestores da preservação dos recursos naturais ainda disponíveis. O custo estimado para a construção da avenida foi de R\$ 178 Milhões.

Contudo, a fim de diminuir custos a PCR voltou atrás no projeto inicial e agora pretende construir a Via Manguê comprometendo uma quantidade maior do Parque dos Manguezais, aproximadamente 25,4 ha (semelhante à Linha Verde); em termos percentuais a área que será utilizada equivale a 8,3% do Parque dos Manguezais. Além disso, o novo projeto não contemplaria nem o parque ecológico nem o reassentamento da população ribeirinha. Nesse caso, os custos estimados para as obras cairiam para R\$ 126 Milhões (redução de 29 %).

## 5. METODOLOGIA

Trata-se de uma análise quantitativa em que se busca comprovar duas hipóteses básicas, quais sejam: (i) o uso da metodologia de avaliação com base na Teoria das Opções Reais (TOR) é uma alternativa viável para os problemas apresentados pela metodologia do Valor Presente Líquido (VPL) que tende a subestimar toda a avaliação de projetos, principalmente aqueles, com características de *timing*, incerteza e irreversibilidade preenchendo suas lacunas porque incorpora a flexibilidade gerencial nas decisões; e (ii) as Disposições A Pagar (DAP) médias estimadas por Leite e Melo (2004) e Leite (2006) para traduzir a preferência dos consumidores pelo Parque dos Manguezais são suficientes para justificar a escolha pela sua preservação.

No caso da primeira hipótese e no uso do método das opções reais procede-se com o cálculo do valor crítico do Parque dos Manguezais para se justificar a continuidade da preservação. Este valor crítico (valor de gatilho) foi obtido por programação dinâmica através da solução analítica da Equação Diferencial Parcial (EDP) que foi simplificada para uma Equação Diferencial Ordinária (EDO – uma equação de Bellman) devido ao fato de tratar-se de uma opção perpétua. A equação foi restringida pelas condições de contorno que garantem decisões ótimas e seus limites. A partir da solução foi feita a análise pelo método do *VPL* e pelo método das opções reais.

Para comparação da segunda hipótese, buscando determinar o custo de oportunidade da preservação do Parque dos Manguezais procede-se a uma comparação com a principal utilização alternativa da área de mangue; ou seja, sua utilização no mercado imobiliário (ADEMI-PE) e com a avaliação feita pela Marinha do Brasil (CARVALHO, 2000). A partir do valor do parque no mercado imobiliário e da avaliação da Armada brasileira procedeu-se uma comparação com o *VPL* do parque e com o valor crítico das opções reais.

## 5.1 DETERMINAÇÃO DO VALOR PRESENTE DO PARQUE

O primeiro passo consiste na determinação do Valor Presente (VP) do projeto no instante inicial utilizando a abordagem do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) convencional. Este cálculo foi realizado na planilha de cálculo Excel, do pacote MS Office. Como o projeto tem vida útil perpétua e foi considerado que os Fluxos de Caixa (FC) não cresciam ao longo do tempo, é utilizada a seguinte expressão para encontrar o  $VP$  do projeto:

$$VP_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{FC_t}{(1+r)^t} = FC_0 + \frac{FC_T}{r} \quad (21)$$

em que  $r$  é a taxa livre de risco. Além do  $VP$  do período inicial, foi calculado o  $VP$  do período seguinte, para que ambos fossem utilizados na Análise Monte Carlo para obtenção do valor da volatilidade ( $\sigma$ ) do projeto de preservação do Parque dos Manguezais.

## 5.2 MODELO DE OPÇÕES PARA O PARQUE DOS MANGUEZAIS

Seja um projeto de preservação do Parque dos Manguezais com vida útil perpétua, horizonte de tempo infinito  $T \rightarrow \infty$ , que gera um fluxo de caixa anual,  $FC$ , indefinidamente, que representam os dividendos do projeto, em que  $\delta$  é a taxa desses dividendos gerados para sociedade, detentora do projeto, que pode ser determinada pela razão abaixo:

$$\delta = \frac{FC}{VP} \quad (22)$$

A sociedade exige uma taxa de retorno ( $\rho$ ) para investir no projeto. O valor do Parque dos Manguezais é a incerteza do projeto que afeta os seus fluxos de caixa futuros. Entretanto a sociedade possui alta capacidade gerencial de reagir às novas informações de mercado visando maximizar o  $VPL$  do parque ao longo de todo tempo.

Para elaboração do modelo da opção de preservação do Parque dos Manguezais, segue-se a sugestão de Conrad (1997) e Forsyth (2000), para os quais a decisão de preservar

ou utilizar um recurso natural deve ser simplificada pela suposição de que o valor da utilização é uma constante conhecida, denotada por  $V_t - I$ . Este valor deve ser comparado com o valor de se receber um fluxo de benefícios anual incerto do recurso,  $V = V(t)$ . Como trata-se de uma opção perpétua foi assumido que  $V(t)$  segue um processo estocástico do MGB cuja forma pode ser expressa pela Equação (6):  $dV = \alpha V dt + \sigma V dz$ .

O valor de tendência do projeto  $\alpha$  é calculado conforme a Equação (19), e a volatilidade do projeto através da técnica de simulação Monte Carlo após mil iterações utilizando o software **Crystal Ball®** que trabalha sobreposto a uma planilha Excel.

O problema da decisão sobre a preservação pode ser visto como uma solução ótima de uma equação de Bellman, conforme a Equação (10):

$$F_t(V_t) = \max \left\{ \overbrace{V_t - I}^{\text{Decisão Imediata}}, \underbrace{\frac{1}{1 + \rho} E_t [F_{t+1}(V_{t+1})]}_{\text{Decisão Futura}} \right\}$$

O resultado  $F_t(V_t)$  representa o *VPL* dos benefícios quando as decisões ótimas são tomadas a partir do tempo presente,  $\rho$  é a taxa de desconto,  $V_t - I$  é a renda líquida restante com o uso do Parque dos Manguezais e  $F_t$  é o valor dos benefício da preservação no período  $t$ . A decisão da sociedade é escolher entre usar o Parque dos Manguezais agora e receber  $V_t - I$  mas perder  $F_t$  agora e em todos os períodos futuros, ou receber  $V_t$  agora e esperar até o próximo período quando uma escolha binária similar estará disponível. Se a preservação do Parque dos Manguezais é a escolha ótima, como problema pode ser colocado em tempo contínuo, a equação de Bellman correspondente pode ser expressa conforme abaixo:

$$\rho F(V) = V - \frac{1}{dt} E_t [dF(V)] \quad (23)$$

A Equação (23) mostra a denominação para o fluxo de caixa do valor da preservação como um recurso com valor  $F(V)$ . Perceba-se que  $\rho F(V)$  é o retorno normal que a sociedade exigiria para assegurar o Parque dos Manguezais preservado; e a expressão do lado

direito representa o fluxo imediato do benefício  $V$  mais o ganho de capital esperado. Como  $V$  segue um processo estocástico, o Lema Itô é usado para valorar  $dF(V)$ ; expandindo a equação acima é obtida a expressão abaixo que foi denota por  $P$ :

$$P = \rho F - \left[ F_t + V + \alpha F_V + \frac{1}{2} \sigma^2 F_{VV} \right] \quad (24)$$

Segundo Forsyth (2000), a equação de Bellman implica nos seguintes problemas de complementaridade linear:

- i.  $P \geq 0$
- ii.  $F - [V_t - I] \geq 0$
- iii.  $P[F - (V_t - I)] = 0$

Pela condição (i) o retorno necessário para preservação ( $\rho F$ ) menos o retorno atual não é negativo. Assim, quando  $P = 0$ , a preservação é uma escolha ótima, agora quando  $P > 0$ , significa que o retorno exigido para preservação excede o retorno atual e neste caso é preferível explorar o recurso natural. Pela condição (ii) o valor da decisão  $F$  será igual ou maior que o valor do uso. Assim,  $F - [V - I]$  será igual a zero quando for ótimo construir a avenida. Já pela condição (iii) as condições (i) ou (ii) irão assegurar uma igualdade estrita. Ou seja, se  $P = 0$ , a preservação é a escolha ótima e se  $F - [V - I] = 0$  deve-se explorar o parque.

Entretanto, como se trata de uma opção perpétua e o processo estocástico utilizado para modelar a incerteza foi o MGB, o problema de complementaridade é resolvido porque como  $F_t = 0$  não depende mais de  $t$ , no estado estacionário  $P$  também é igual a zero. Em consequência a Equação Diferencial Parcial (EDP), equação de Bellman se transforma numa Equação Diferencial Ordinária (EDO) que permite solução analítica:

$$F(V) = AV^\beta \quad (25)$$

Substituindo a Equação (25) na Equação (24), com as demais considerações observadas e simplificando se obtém a seguinte equação quadrática fundamental:

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta(\beta-1) + \alpha\beta - \rho = 0 \quad (26)$$

Com duas raízes  $\beta_1 > 0$  (positiva) e outra  $\beta_2 < 0$  (negativa):

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{\alpha}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} \quad (27)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} - \sqrt{\left[\frac{\alpha}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} \quad (28)$$

Consequentemente, a solução da EDO é do tipo  $F(V) = A_1V^{\beta_1} + A_2V^{\beta_2}$ . Em que:  $A_1$  e  $A_2$  são constantes determinadas pelas condições de contorno. No caso de uma opção perpétua, em que  $V^*$  (Valor do Gatilho ou Valor Crítico) independe do tempo, são as seguintes:

**Quadro 6 – Condições de Contorno para uma EDO**

| Tipo de Condição de Contorno                      | Condição de Contorno |
|---------------------------------------------------|----------------------|
| $V = 0$                                           | $F(0) = 0$           |
| $V = V^*$ (Continuidade - <i>Value Matching</i> ) | $F(V^*) = (V^* - I)$ |
| $V = V^*$ (Suavidade - <i>Smooth Pasting</i> )    | $F_V(V^*) = 1$       |

Fonte: Dias (2005).

As condições de contorno acima asseguram que  $V = V^*$ . A primeira condição  $V = 0$ , implica que  $A_2$  seja igual a zero, caso contrário  $F(0) \rightarrow \infty$  e não satisfaria  $F(0) = 0$ ; A segunda condição é a condição de continuidade (*value-matching condition* – em que a opção  $F$  é exercida no instante ótimo mediante o pagamento de  $V^* - I$ ); e a terceira é a condição de suavidade (*smooth pasting condition* – no ótimo a curva da opção  $F$  é tangente à curva  $V^* - I$ ). As duas últimas condições garantem quando o exercício antecipado é ótimo.

Substituindo  $F(V) = AV^{\beta_1}$  nas duas últimas condições de contorno se obtém a constante  $A_1$  e o Valor do Gatilho  $V^*$ , respectivamente abaixo representados:

$$A_1 = \frac{V^* - I}{[V^*]^{\beta_1}} \quad (29)$$

$$V^* = \left( \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \right) I \quad (30)$$

Em que,  $[\beta_1 \div (\beta_1 - 1)]$ , é o coeficiente que estabelece que proporção de  $I$ ,  $V$  deve assumir para que a opção seja exercida. É importante lembrar que o valor do gatilho dá a regra de decisão nas opções reais, ou seja, se o  $V \geq V^*$  a opção deve ser exercida já.

Para não haver possibilidade de arbitragem, Dias (2005) sugere uma maneira para tornar equivalentes as otimizações sob incertezas usando os métodos dos Ativos Contingentes (*Contingent Claims Analysis*) e Programação Dinâmica. Inicialmente, é preciso que em ambos os métodos as EDP sejam deduzidas por Ativos Contingentes. A Figura 8, abaixo mostra as trocas necessárias para tornar os métodos de solução equivalentes.

|                             |                                                                       |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <i>Programação Dinâmica</i> | $\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 F_{VV} + \alpha VF_V - \rho F = -F_t$       |
|                             | $\downarrow$ Taxa de Tendência do Projeto $\uparrow$ Taxa de Desconto |
| <i>Ativos Contingentes</i>  | $\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 F_{VV} + (r - \delta) VF_V - rF = -F_t$     |

**Figura 10 – Equivalência de Métodos de Solução de Opções Reais**

Fonte: Dias (2005).

É possível observar que foram necessárias duas trocas para tornar os métodos de solução equivalentes, a primeira é a troca da taxa de tendência do projeto  $\alpha$  por  $(r - \delta)$ ; e a segunda é a troca da taxa de desconto  $\rho$  por  $r$ . Desta forma o valor esperado na equação de Bellman estaria sendo obtido com probabilidades neutras ao risco e o desconto estaria sendo feito com uma taxa livre de risco. Em consequência a raiz  $\beta_1$  (Equação 28) é obtida conforme a seguinte equação (conforme substituição feita na Figura 10):

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[ \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (31)$$

A partir do  $VPL$  (Equação 21) e do valor de gatilho ( $V^*$  – Equação 30) do Parque dos Manguezais são feitas a análise tradicional baseada no  $FCD$  e a análise das opções reais

para cada opção de intervenção, a via Mangue suspensa e a aterrada. Os custos ambientais decorrente de cada opção de uso são proporcionais ao tamanho da área do mangue comprometida com o aterramento na execução da obra.

Para o cálculo do valor do Parque dos Manguezais no setor imobiliário é utilizado o método apresentado pelo Manual de Permuta por Área Construída da Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco (ADEMI-PE), que estabelece os valores<sup>36</sup> do metro quadrado (m<sup>2</sup>) na cidade, baseados em negócios efetivados à vista no mercado e em consultas as tabelas da Prefeitura da Cidade do Recife, utilizadas para avaliação para cálculo do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU). Já para o valor do parque, conforme avaliação da Marinha do Brasil é utilizado o valor do metro quadrado segundo Carvalho (2002).

Para ambos os casos, o método consiste em multiplicar o valor da área do terreno em m<sup>2</sup>, pelo valor correspondente. Considerando pagamento à vista,

$$\text{Área do Parque dos Manguezais (m}^2\text{)} \times \text{Preço do m}^2 \quad (33)$$

---

<sup>36</sup> Valor discriminado na Tabela de Valores de m<sup>2</sup> para Preços de Terrenos na Cidade do Recife, da ADEMI-PE. Disponível em [http://www.ademi-pe.com.br/manuais/manual\\_permuta.html](http://www.ademi-pe.com.br/manuais/manual_permuta.html). Acesso em Janeiro/2007.



## 6. UM MANGUE QUE VALE A PENA SER PRESERVADO

Nesta parte são apresentados os resultados que mostraram que a preservação do Parque dos Manguezais vale a pena de acordo com os cenários modelados.

Os seguintes valores foram utilizados na pesquisa:

Como Disposição A Pagar (DAP) média:

– R\$ 3,40 mensais por domicílio, conforme Leite e Melo (2004), resultando em benefícios anuais de R\$ 15.334.965,60 (3,40 x 12 x 375.857), ou R\$ 15,33 milhões; e

– R\$ 7,05 mensais por domicílio, conforme Leite (2006), resultando em benefícios anuais de R\$ 31.797.502,20 (7,05 x 12 x 375.857), ou R\$ 31,80 milhões;

Os montantes acima são decorrentes da preservação total do Parque dos Manguezais que serão considerados como fluxos de caixa anuais livres que a sociedade recebe.

Para a taxa de desconto que será utilizada no cálculo do *VPL*, foi considerada uma taxa livre de risco, conforme uma aplicação no mercado financeiro de renda fixa, atualmente com rendimento líquido de 0,75% a.m. (Jan/2007) o que representa a taxa efetiva de ganho real acima da inflação, que equivale a aproximadamente 9,4% a.a, ou seja  $r = 9,4\% \sim 0,094$ .

Com base na hipótese de um fluxo de caixa perpétuo e utilizando a Equação (21):

$$VPL_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I = FC_0 + \frac{FC_T}{r} - I, \text{ VP líquido de investimentos (I).}$$

Foram encontrados os seguintes *VPL* para o Parque dos Manguezais:

$$\text{Para DAP = R\$ 3,40: } VPL_0 = 15,33 + \frac{15,33}{0,094} - 0 = 178,47 \text{ milhões; e}$$

$$\text{Para DAP = R\$ 7,05: } VPL_0 = 31,80 + \frac{31,80}{0,094} - 0 = 370,07 \text{ milhões.}$$

A taxa de dividendos ( $\delta$ ), gerados para sociedade, detentora do projeto, que é determinada pela Equação (22), para a taxa de desconto  $r = 9,40\%$ , é igual a  $\delta = 8,59\%$ .

Como valor do metro quadrado ( $m^2$ ):

- R\$ 160,00, menor valor para região que se enquadra, conforme ADEMI-PE; e
- R\$ 6,00, valor da avaliação da Marinha do Brasil, conforme Carvalho (2000).

Considerando uma área de 307,83 ha equivalente a 3.078.300  $m^2$  os custos de oportunidade do Parque dos Manguezais no mercado imobiliário conforme Equação (33) são:

Para  $m^2 = \text{R\$ } 160,00$ :  $V = 160 \times 3.078.300 = 492.528.000,00$  ou 492,53 milhões; e

Para  $m^2 = \text{R\$ } 6,00$ :  $V = 6 \times 3.078.300 = 18.469.800,00$  ou 18,47 milhões.

Os custos das propostas de intervenção da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), e percentual de perda do Parque dos Manguezais, são:

- via Mangue suspensa: R\$ 178,13 milhões, com utilização de apenas 1,4% da área do mangue, conforme primeiro projeto da PCR; e
- via Mangue aterrada: R\$ 126,00 milhões, com utilização de 8,3% do parque, conforme entrevista com engenheiros da Empresa responsável pelas obras (Nov/2006).

Os cálculos do valor de opção requerem a estimação da volatilidade que foi obtida pela Simulação Monte Carlo (SMC) utilizando o aplicativo **Crystal Ball®** que recomenda para projetos ambientais uma volatilidade de  $\sigma = 46\%$ . Forsyth (2000) utilizou duas volatilidades para testar a sensibilidade do valor da opção de preservação de um ativo ambiental,  $\sigma_1 = 26\%$  e  $\sigma_2 = 50\%$ .

Após mil iterações foi obtida a estimativa para a volatilidade do projeto igual a  $\sigma = 40\%$ . Valor que pode ser considerado razoável em relação ao que é recomendado pelo aplicativo de simulação e o que foi utilizado por Forsyth (2000) e Conrad (1997).

Para o modelo estimado  $\frac{1}{2}\sigma^2\beta(\beta-1) + \alpha\beta - \rho = 0 \rightarrow \frac{1}{2}\sigma^2\beta(\beta-1) + (r-\delta)\beta - r = 0$

cujas soluções (valor da opção) é igual a  $F(V) = A_1V^{\beta_1} + A_2V^{\beta_2}$ , considerando as condições de contorno:  $V = 0$ , a condição de continuidade (*value matching condition*), e a condição de sua-

vidade (*smooth pasting condition*), condições que garantem o exercício ótimo da opção, conforme Quadro (6), foram encontrados os seguintes valores:

$$- \text{Para } \beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[ \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} = 1,62; \text{ e}$$

- Para o coeficiente  $\left( \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \right)$ , que estabelece a proporção do Investimento ( $I$ ) que

o projeto ( $V$ ) deve assumir para que a opção seja exercida antecipadamente, o valor de 2,61.

Para estes valores, utilizando a Equação (30)  $V^* = \left( \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \right) I$ , os valores críticos

( $V^*$ ) do Parque dos Manguezais, conforme as DAP médias, são os seguintes:

Para DAP igual a R\$ 3,40:  $V^* = \text{R\$ } 465.035.957,52$  ( $2,61 \times \text{R\$ } 178.472.897,51$ ), ou R\$ 465,04 milhões; e

Para DAP igual a R\$ 7,05:  $V^* = \text{R\$ } 964.074.327,23$  ( $2,61 \times \text{R\$ } 370.068.802,20$ ), ou R\$ 964,07 milhões.

## 6.1 DECISÃO DE USO TOTAL

Para a decisão de uso total, procedendo à avaliação pela metodologia tradicional do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), com o método  $VPL$ , sem flexibilidade, para a DAP média estimada por Leite e Melo (2004) de R\$ 3,40. Quando o valor do metro quadrado ( $m^2$ ) do Parque dos Manguezais é R\$ 160,00, o custo de oportunidade do parque no setor imobiliário é maior que o valor atribuído pela população recifense ao parque, ou seja, R\$ 492,53 milhões  $> 178,47$  milhões ( $VPL = 314,06$  milhões  $> 0$ ), o que significa ser mais rentável para sociedade vender, à vista, o parque no mercado imobiliário. Já quando o valor do  $m^2$  é o atribuído pela Marinha do Brasil (MB) de R\$ 6,00, a DAP média estimada por Leite e Melo (2004) é mais que suficiente para justificar a preservação total do local, pois, o custo de oportunidade do parque, neste caso, é menor que o valor atribuído pela sociedade ao ativo ambien-

tal, ou seja, R\$ 18,47 milhões < 178,47 milhões ( $VPL = -160,00$  milhões < 0),  $VPL$  negativo – o que significa, abandonar o projeto de uso do Parque dos Manguezais imediatamente.

Continuando a avaliação com a metodologia tradicional, desta vez para a DAP média estimada por Leite (2006) de R\$ 7,05. Quando o valor do metro quadrado ( $m^2$ ) do Parque dos Manguezais é R\$ 160,00 (ADEMI-PE), o custo de oportunidade do parque no setor imobiliário continua maior que o valor atribuído pela população recifense, ou seja, R\$ 492,53 milhões > 370,07 milhões ( $VPL = 122,46$  milhões > 0), o que também significa ser mais rentável não manter o parque preservado. No caso da confrontação com a avaliação feita pela Marinha do Brasil (MB) que atribuiu o valor de R\$ 6,00 /  $m^2$  do parque, a DAP média estimada por Leite (2006) também é suficiente para justificar a preservação total do parque, pois, o custo de oportunidade do manguezal é menor que o valor atribuído pela sociedade ao mangue, ou seja, R\$ 18,47 milhões < 370,07 milhões ( $VPL = -351,60$  milhões < 0).

Em resumo, pelo método do  $VPL$  nenhuma das DAP é suficiente para justificar a preservação do Parque dos Manguezais quando o valor do metro quadrado ( $m^2$ ) praticado é R\$ 160,00. Entretanto, quando o valor do parque passa a ser calculado conforme avaliação da MB, ou seja, R\$ 6,00 /  $m^2$ , as DAP médias estimadas são mais que suficientes para manutenção da amenidade do parque. A Figura 11 mostra o  $VPL$  dos projetos conforme os valores do  $m^2$  (ADEMI-PE e MB) e da DAP média estimada por Leite e Melo (2004) e Leite (2006):

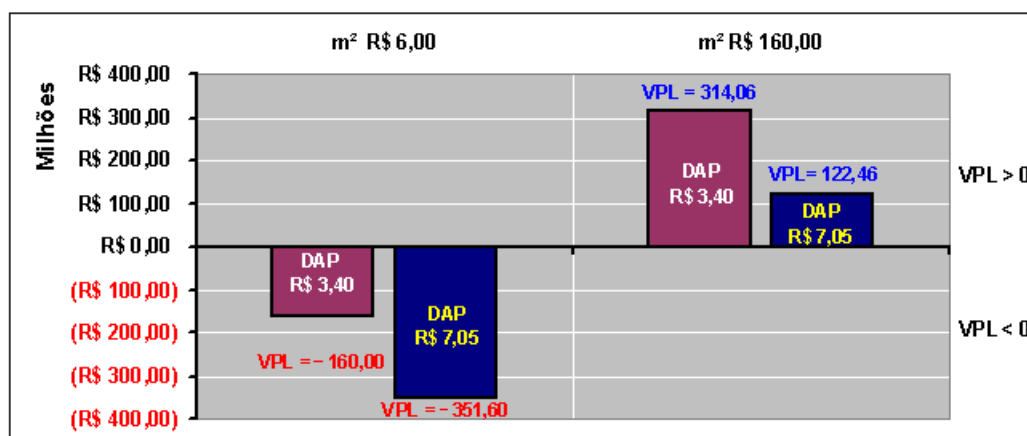


Figura 11 –  $VPL$  para Projetos de Uso Total do Parque dos Manguezais

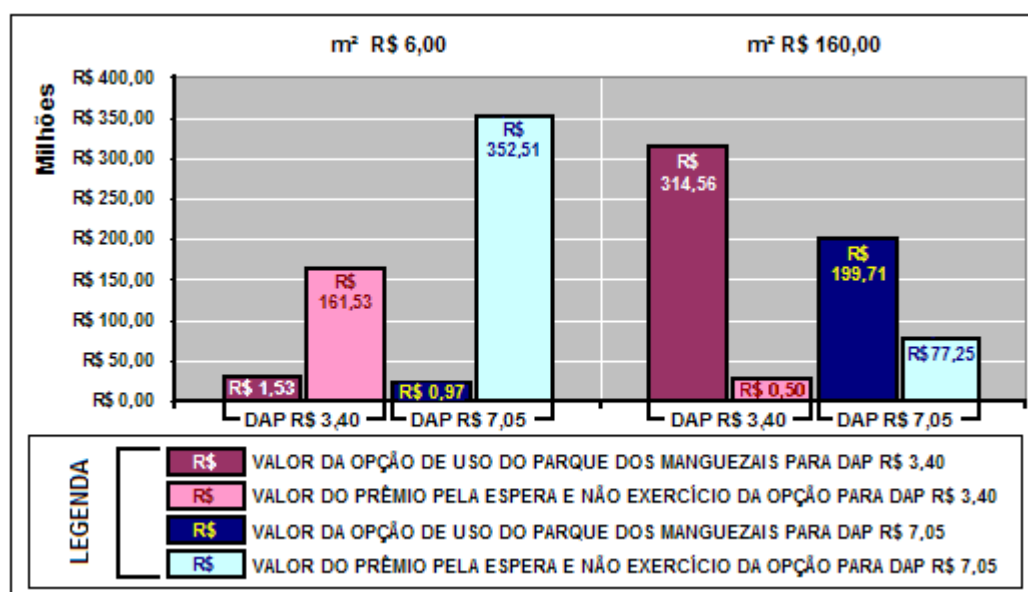
Na Figura 11 pode ser observado que quando o preço do  $m^2$  é R\$ 6,00, o  $VPL < 0$ , mostrando que a preservação é a melhor escolha e a pior quando o  $m^2$  é R\$ 160,00 ( $VPL > 0$ ).

Entretanto quando a mesma decisão de uso total é avaliada pela metodologia da Teoria das Opções Reais (TOR), por programação dinâmica, adicionando assim, flexibilidade ao processo, para a DAP média estimada por Leite e Melo (2004) de R\$ 3,40. Quando o valor do metro quadrado ( $m^2$ ) do Parque dos Manguezais é R\$ 160,00, o custo de oportunidade do parque no setor imobiliário é um pouco maior que o valor crítico ( $V^*$ ) calculado do parque, ou seja, R\$ 492,53 milhões  $>$  465,04 milhões (Opção de Uso igual a R\$ 314,56 milhões com um baixo prêmio pela espera de R\$ 0,5 milhões), o que significa ser uma opção rentável a venda total do parque, à vista, para o setor imobiliário. Já quando o valor do  $m^2$  é o atribuído pela avaliação da MB, ou seja, de R\$ 6,00, a DAP média estimada por Leite e Melo (2004) é mais que suficiente para justificar a preservação total do local – se já era suficiente pela análise do  $VPL$ , pela metodologia das opções reais que considera a incerteza, a DAP se torna mais relevante –, pois, o custo de oportunidade do parque, neste caso, é muito menor que o  $V^*$  calculado, ou seja, R\$ 18,47 milhões  $<$  465,04 milhões (Opção de Uso igual a R\$ 1,53 milhões com um altíssimo prêmio pela espera de R\$ 161,53 milhões) o que sugere a sociedade o não uso do parque para fins que não a sua preservação total.

Ainda com a TOR, desta vez para a DAP média estimada por Leite (2006) de R\$ 7,05. Quando o valor do  $m^2$  do Parque dos Manguezais é R\$ 160,00 (ADEMI-PE), o custo de oportunidade do parque no setor imobiliário é muito menor que o  $V^*$  calculado, ou seja, R\$ 492,53 milhões  $>$  964,07 milhões (Opção de Uso igual a R\$ 199,71 milhões com um prêmio pela espera de R\$ 77,25 milhões), o que significa ser mais rentável manter o parque preservado. Quando o valor do parque é decorrente da avaliação feita pela MB que atribuiu o valor de R\$ 6,00 /  $m^2$  do parque, a DAP média estimada por Leite (2006) também é muito suficiente para justificar a preservação total do parque, pois o custo de oportunidade do man-

guezal é muito menor que o  $V^*$  calculado, ou seja, R\$ 18,47 milhões < 964,07 milhões (Opção de Uso igual a R\$ 0,97 milhões e altíssimo prêmio pela espera de R\$ 352,57 milhões).

Em suma, pelo método de precificação das opções reais, apenas a DAP média estimada por Leite e Melo (2004) de R\$ 3,40, não é suficiente para justificar a preservação do Parque dos Manguezais quando o valor do metro quadrado ( $m^2$ ) praticado é R\$ 160,00. Pela avaliação tradicional, método do *VPL*, nenhuma das DAP estimada foi grande o bastante para superar o custo de oportunidade do parque no mercado imobiliário. Neste caso, a DAP média estimada por Leite (2006) de R\$ 7,05, já se mostra eficiente frente ao valor do  $m^2$  na região do parque. Quando o valor do parque passa a ser calculado conforme avaliação da MB, ou seja, R\$ 6,00 /  $m^2$ , as DAP médias estimadas confirmam a suficiência do método de avaliação do *VPL*. A Figura 12 mostra os valores estimados baseados na TOR conforme os valores do  $m^2$  e da DAP média estimada por Leite e Melo (2004) e Leite (2006):

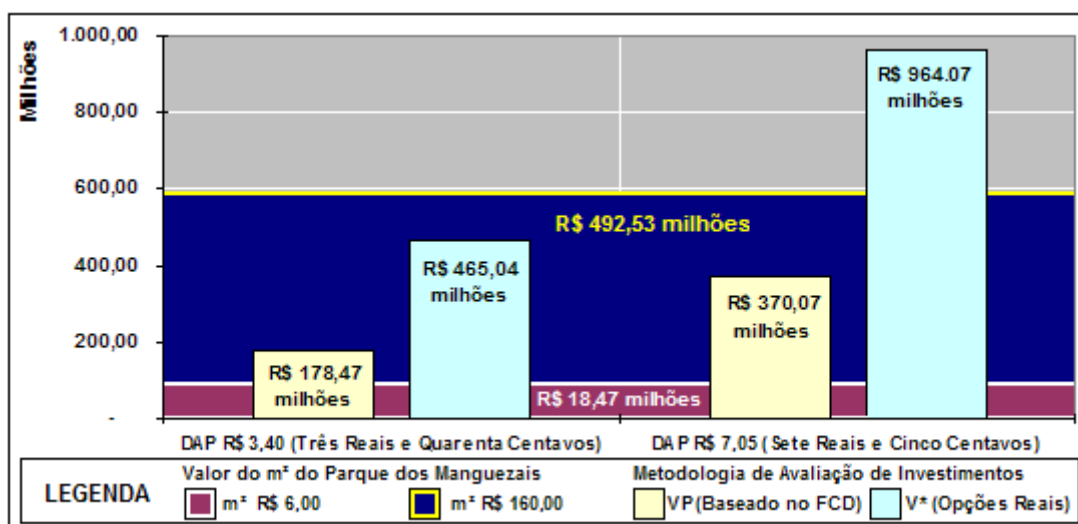


**Figura 12 – Valor de Opção (F) e Prêmio pela Espera para Projetos de Uso Total**

Na Figura 12 pode ser observado que quando o preço do  $m^2$  é R\$ 6,00, o valor do prêmio pela espera é muito maior que o valor da opção para ambas DAP média consideradas, mostrando que a preservação é a melhor escolha e quando o  $m^2$  é R\$ 160,00, o valor da opção é maior que o valor do prêmio pela espera, entretanto, apenas quando a DAP média de R\$

3,40 é considerada, o exercício da opção antecipado é a melhor escolha, pois o custo de oportunidade do Parque dos Manguezais é maior que o valor crítico estimado com esta média, ou seja, R\$ 492,53 milhões > 465,04 milhões. Pois, quando o valor da DAP média é R\$ 7,05, o custo de oportunidade do parque no mercado imobiliário não supera o valor crítico estimado com esta DAP, ou seja, R\$ 492,53 milhões < 964,07 milhões, o que explica um prêmio pela espera considerável de mais de R\$ 77 milhões.

A Figura 13 abaixo mostra os custos de oportunidade do Parque dos Manguezais no mercado imobiliário juntamente com os valores estimados para o mesmo pelas metodologias do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) e da Teoria das Opções Reais (TOR):



**Figura 13 – Valores do Parque conforme as Metodologias do FCD e da TOR**

Conforme pode ser observado na Figura 13, ambas DAP médias estimadas por Leite e Melo (2004) e Leite (2006) são mais que suficientes para justificar a preservação do Parque dos Manguezais quando o valor do metro quadrado (m²) do manguezal dos rios Pina e Jordão é de R\$ 6,00 (avaliação da Marinha do Brasil), independente da metodologia de avaliação de investimentos. Entretanto, quando o valor do m² aumenta para R\$ 160,00 (menor valor da ADEMI-PE para a região), pela análise do *VPL* as DAP médias passam a ser insuficientes para justificar o não uso do ativo ambiental, já pela análise das opções reais, apenas a DAP média estimada por Leite (2006) é suficiente para justificar a conservação total do parque.

## 6.2 DECISÃO DE USO PARCIAL<sup>37</sup>

Para a decisão de uso parcial do Parque dos Manguezais, considerando a construção da Via Mangue, além dos custos da obra, a estes foram acrescidos os custos ambientais tomando como base o Valor Presente Líquido (VPL), para análise tradicional e o valor crítico ( $V^*$ ) para análise das opções reais.

Os seguintes valores foram acrescidos aos custos das obras, conforme a metodologia de avaliação tradicional baseada no FCD:

**Para DAP = R\$ 3,40, cujo  $VPL$  é igual a R\$ 178,47 milhões:**

- A opção de construção da Via Mangue suspensa, utilizando 1,4%: R\$ 2,50 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 180,63 milhões ( $178,13 + 2,50$ ); e
- A opção de construção da Via Mangue aterrada, utilizando 8,3%: R\$ 14,81 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 140,81 milhões ( $126,00 + 14,81$ ).

Neste caso, pela análise do  $VPL$ , conforme os valores acima, o custo ambiental não justifica o uso de melhores tecnologias, ou seja, a construção da via de forma suspensa que poupasse área do mangue, pois, a via aterrada é menos dispendiosa para a sociedade.

Agora para que o projeto mais barato seja aceito, segundo a regra do  $VPL$ , é preciso que seus retornos esperados ( $V$ ) sejam maior que a necessidade de investimentos públicos ( $I$ ), ou seja,  $V > \text{R\$ } 140,81 \text{ milhões}$  ( $VPL > 0$ ). O que exige Fluxo de Caixa Livre (FCL) anuais e perpétuos de no mínimo R\$ 13,24 milhões, caso contrário o projeto não é aceito.

**Para DAP = R\$ 7,05 cujo  $VPL$  é igual a R\$ 370,07 milhões:**

- A opção de construção da Via Mangue suspensa, utilizando 1,4%: R\$ 5,18 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 183,31 milhões ( $178,13 + 5,18$ ); e
- A opção de construção da Via Mangue aterrada, utilizando 8,3%: R\$ 30,72 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 156,72 milhões ( $126,00 + 30,72$ ).

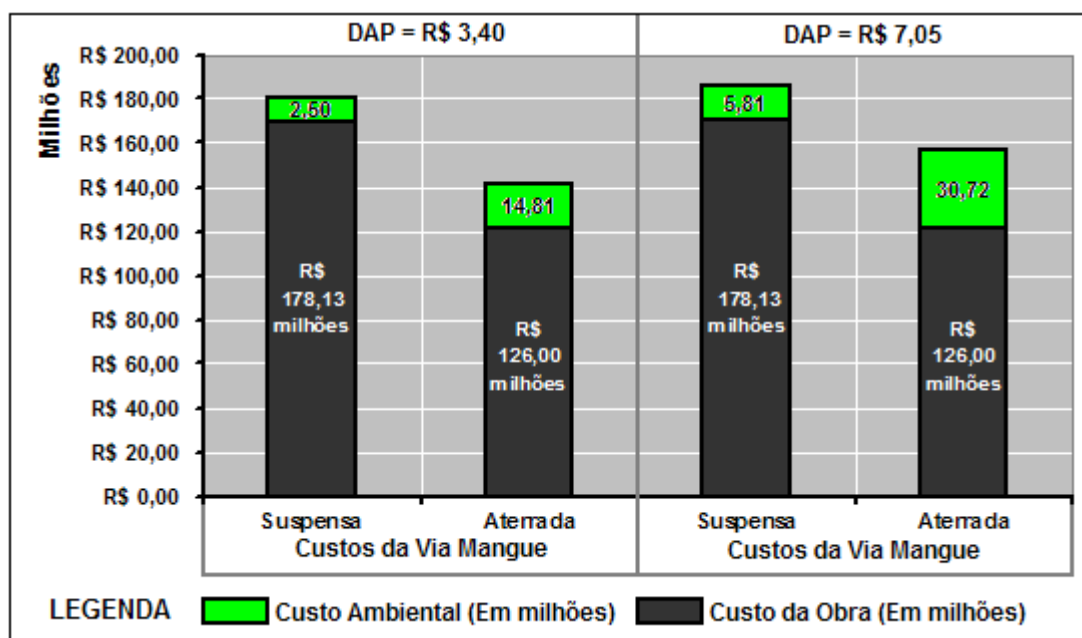
---

<sup>37</sup> Refere-se a construção da avenida Via Mangue.



Igualmente neste caso, pela análise do *VPL*, conforme os valores acima, o custo ambiental também não justifica o uso de melhores tecnologias que poupasse mais área do mangue, pois, a via aterrada também é mais barata para a sociedade.

Analogamente, para que o projeto mais barato, para esta DAP média, seja aceito, segundo a regra do *VPL*, é preciso que  $V > \text{R\$ } 156,72$  milhões, com isso, o  $VPL > 0$  (positivo). O que exige Fluxo de Caixa Livre (FCL) anuais e perpétuos de no mínimo  $\text{R\$ } 14,73$  milhões, caso contrário o projeto não é aceito. A Figura 14 abaixo mostra as quatro possibilidades de custo das obras da via Mangue agrupadas conforme o valor da DAP média



**Figura 14 – Custos Totais da Obra da Via Mangue segundo a Análise *VPL***

Conforme pode ser observado na Figura 14, as opções de custo da via Mangue aterrada são mais baratas que as opções suspensas, independentemente das DAP médias estimadas por Leite e Melo (2004) de  $\text{R\$ } 3,40$  e por Leite (2006) de  $\text{R\$ } 7,05$ , ou seja, respectivamente  $\text{R\$ } 140,81$  milhões  $>$   $\text{R\$ } 180,63$  milhões e  $\text{R\$ } 156,72$  milhões  $>$   $\text{R\$ } 183,31$  milhões. O que significa que para estas opções, segundo a metodologia de avaliação do *VPL*, as DAP médias estimadas não são suficientes para justificar a utilização de projetos de construção da avenida que minimize a utilização do ativo ambiental, especificamente de forma suspensa.

Os seguintes valores foram acrescentados aos custos das obras, baseados na Teoria das Opções Reais, conforme o valor crítico ( $V^*$ ) estimado<sup>38</sup>:

**Para DAP = R\$ 3,40, cujo  $V^*$  é igual a R\$ 465,04 milhões:**

– A opção de construção da Via Mangue suspensa, utilizando 1,4%: R\$ 6,51 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 184,64 milhões (178,13 + 6,51). Pela TOR, esta opção vale R\$ 102,47 milhões e paga um prêmio pela espera de R\$ 37,11 milhões. Este prêmio pela espera é o valor da flexibilidade, que se não for considerado resulta apenas no  $VPL$  da avaliação tradicional conforme abaixo:

- Valor da Opção Real [ $F(V)$ ] =  $VPL(\text{estático})$  + Valor da Flexibilidade
- 102,47 milhões = **65,36 milhões** + 37,11 milhões

– A opção de construção da Via Mangue aterrada, utilizando 8,3%: R\$ 38,60 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 164,60 milhões (126,00 + 38,60). Pela TOR, esta opção vale R\$ 110,07 milhões e paga um prêmio pela espera de R\$ 24,67 milhões.

Neste caso, pela análise das opções reais, conforme os valores acima, o custo ambiental não justifica o uso de melhores tecnologias, assim como na análise do  $VPL$ , ou seja, a construção da via de forma suspensa que poupe área do mangue, pois, a mesma é mais cara para a sociedade. O que a torna uma opção menos valiosa com um prêmio maior pela espera.

Agora para que a opção mais valiosa seja exercida ( $F = 110,07$  milhões), segundo a regra das opções reais, é preciso que seus retornos esperados ( $V$ ) sejam 2,61 vezes maior que a necessidade de investimentos públicos ( $I$ ), diferentemente da regra do  $VPL$ , em que  $V > \text{R\$ } 164,60$  milhões ( $VPL > 0$ ) é a regra para o exercício. Neste caso para ser exercido pela metodologia das opções reais  $V$  deve ser maior que R\$ 428,88 milhões (para  $V > V^*$ ). O que exige Fluxo de Caixa Livre (FCL) anuais e perpétuos de no mínimo R\$ 40,32 milhões, caso contrário o projeto fica aguardando haja vista o prêmio pela espera do exercício desta opção.

---

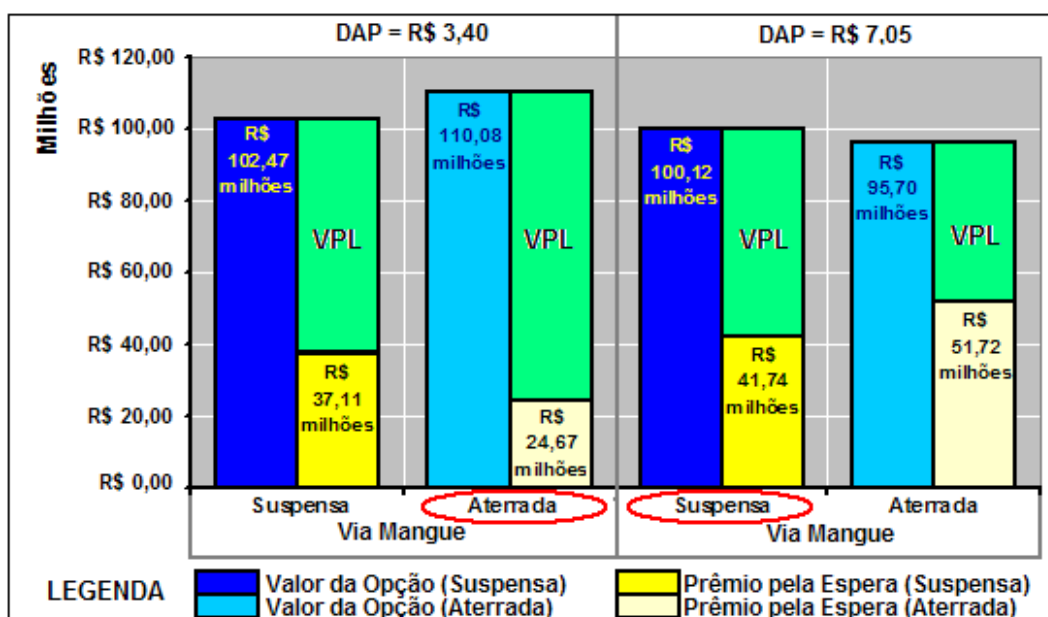
<sup>38</sup> Considerando que qualquer projeto tenha retorno suficiente para que o  $VPL$  seja positivo e exercido. Nesta pesquisa foi considerado retornos iguais a R\$ 250 milhões (ver Tabela 4 e 5) para a Via Mangue.

**Para DAP = R\$ 7,05, cujo  $V^*$  é igual a R\$ 964,07 milhões:**

– A opção de construção da Via Mangue suspensa, utilizando 1,4%: R\$ 13,50 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 191,63 milhões (178,13 + 13,50). Pela TOR, esta opção vale R\$ 100,12 milhões e paga um prêmio pela espera de R\$ 41,74 milhões.

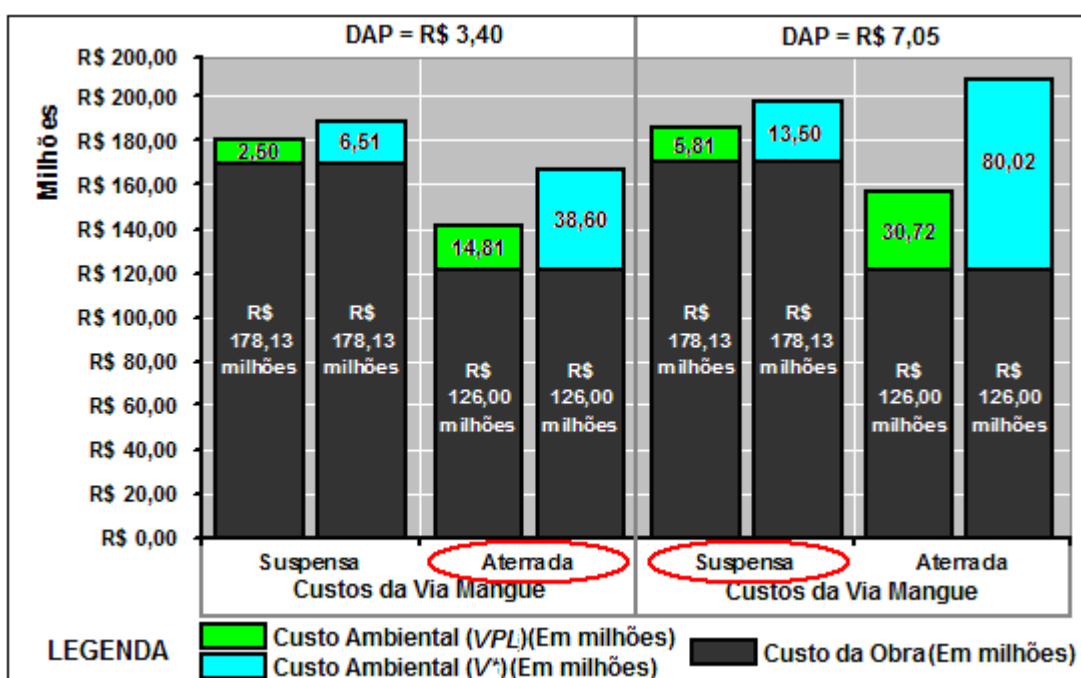
– A opção de construção da Via Mangue aterrada, utilizando 8,3%: R\$ 80,02 milhões. Aumenta o custo total da obra para R\$ 206,02 milhões (126,00 + 80,02). Pela TOR, esta opção vale R\$ 95,70 milhões e paga um prêmio pela espera de R\$ 51,72 milhões.

Já neste caso, pela análise das opções reais, conforme os valores acima, o custo ambiental justifica o uso de melhores tecnologias, diferentemente dos casos anteriores abordados, ou seja, a construção da via de forma suspensa que poupe área do mangue, pois, a mesma agora é mais barata para a sociedade. O que a torna uma opção mais valiosa com um prêmio menor pela espera em relação a construção de forma aterrada. Agora, para que a opção mais valiosa seja exercida ( $F = 100,12$  milhões), segundo a regra das opções reais, é preciso que seus retornos esperados sejam maiores que R\$ 499,21 milhões (para  $V > V^*$ ). O que exige Fluxo de Caixa Livre (FCL) anuais e perpétuos de no mínimo R\$ 46,93 milhões, caso contrário o projeto fica aguardando haja vista o prêmio pela espera do exercício desta opção.



**Figura 15 – Valor de Opção ( $F$ ) e Prêmio pela Espera para Projetos da Via Mangue**

De acordo com a Figura 15, pode ser observado que quando a DAP média é R\$ 3,40, a forma de construção aterrada continua sendo a opção de maior valor com prêmio pago pela espera menor que a opção suspensa, o que corrobora com a análise do *VPL*, ou seja, o custo ambiental adicionado ao custo da obra não justifica o emprego de tecnologias poupadora de ativo ambiental. Entretanto, quando a DAP média é R\$ 7,05, a forma de construção suspensa passa a ter um maior valor de opção em relação a modalidade aterrada. O que neste caso, torna a DAP média estimada por Leite (2006) suficiente para justificar a conservação do Parque dos Manguezais.



**Figura 16 – Custos das Obras conforme as Metodologias do *VPL* e da TOR**

Conforme pode ser observado na Figura 15, as DAP médias estimadas por Leite e Melo (2004) e Leite (2006) não são suficientes para justificar a utilização de tecnologia concernente a preservação do Parque dos Manguezais quando a avaliação do uso parcial do parque é feita pela metodologia baseada no Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Conforme a metodologia tradicional, a forma de construção aterrada continua sendo a mais barata mesmo depois de acrescentados os custos relativos aos danos ambientais esperados, seja para DAP de R\$ 3,40, seja para DAP de R\$ 7,05. Entretanto, quando a avaliação da utilização de parte do

parque é realizada pela abordagem das opções reais, a construção aterrada é mais barata apenas quando a DAP média é igual a R\$ 3,40. Quando for considerada a DAP média estimada por Leite (2006) igual a R\$ 7,05, a modalidade de construção suspensa passa a ser a mais barata o que é suficiente para justificar a utilização de tecnologias caras mas poupadoras de ativo ambiental para construção da Via Mangue.

A Tabela 4 abaixo mostra um resumo dos valores para DAP de R\$ 3,40, considerando a avaliação do parque feita pela MB e o valor do m<sup>2</sup> no mercado imobiliário (ADEMI):

**Tabela 4 – Valores Encontrados para Opções para DAP: R\$ 3,40 (Em Milhões de Reais)**

| Opção                             | V      | Custos (Investimentos) |           |        | FCL<br>VPL = 0 | VPL      | V*     | FCL<br>V = V* | A             | F      | Prêmio<br>Espera |
|-----------------------------------|--------|------------------------|-----------|--------|----------------|----------|--------|---------------|---------------|--------|------------------|
|                                   |        | Obras                  | Ambiental | Total  |                |          |        |               |               |        |                  |
| <b>Uso Total<br/>Avaliação MB</b> | 18,47  | -                      | 178,47    | 178,47 | 16,78          | (160,00) | 465,04 | 43,71         | $2,46.e^{-6}$ | 1,53   | 161,53           |
| <b>Uso Total<br/>ADEMI-PE</b>     | 492,53 | -                      | 178,47    | 178,47 | 16,78          | 314,06   | 465,04 | 43,71         | $2,46.e^{-6}$ | 314,56 | 0,50             |
| <b>Via Mangue<br/>Suspensa</b>    | 250,00 | 178,13                 | 6,51      | 184,64 | 17,36          | 65,36    | 481,10 | 45,22         | $2,41.e^{-6}$ | 102,47 | 37,11            |
| <b>Via Mangue<br/>Aterrada</b>    | 250,00 | 126,00                 | 38,60     | 164,60 | 15,47          | 85,40    | 428,88 | 40,31         | $2,59.e^{-6}$ | 110,07 | 24,67            |

A Tabela 5 mostra o mesmo resumo dos valores, agora para DAP de R\$ 7,05:

**Tabela 5 – Valores Encontrados para Opções para DAP: R\$ 7,05 (Em Milhões de Reais)**

| Opção                             | V      | Custos (Investimentos) |           |        | FCL<br>VPL = 0 | VPL      | V*     | FCL<br>V = V* | A             | F      | Prêmio<br>Espera |
|-----------------------------------|--------|------------------------|-----------|--------|----------------|----------|--------|---------------|---------------|--------|------------------|
|                                   |        | Obras                  | Ambiental | Total  |                |          |        |               |               |        |                  |
| <b>Uso Total<br/>Avaliação MB</b> | 18,47  | -                      | 370,07    | 370,07 | 34,79          | (351,60) | 964,07 | 90,62         | $1,56.e^{-6}$ | 0,97   | 352,57           |
| <b>Uso Total<br/>ADEMI-PE</b>     | 492,53 | -                      | 370,07    | 370,07 | 34,79          | 122,46   | 964,07 | 90,62         | $1,56.e^{-6}$ | 199,71 | 77,25            |
| <b>Suspensa</b>                   | 250,00 | 178,13                 | 13,50     | 191,63 | 18,01          | 58,37    | 499,21 | 48,93         | $2,35.e^{-6}$ | 100,12 | 41,74            |
| <b>Aterrada</b>                   | 250,00 | 126,00                 | 80,02     | 206,02 | 19,36          | 43,98    | 536,70 | 50,45         | $2,24.e^{-6}$ | 95,70  | 51,72            |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observações para as Tabelas (4) e (5):

- Coluna Opção identifica as opções de gerenciamento para o Parque dos Manguezais;
- Coluna  $V$  representa os fluxos de caixa do projeto descontados a taxa  $r = 9,4\%$ ;
- Coluna Obras mostra os gastos com as obras;
- Coluna Ambiental mostra os danos ambientais;
- Coluna Total = Obras + Ambiental;
- Coluna  $FCL$  para  $VPL = 0$ , mostra o  $FCL$  anual mínimo e perpétuo para o Investimento Total;
- Coluna  $VPL = V - \text{Total (Investimentos)}$ ;
- Coluna  $V^*$  mostra o valor do gatilho ou crítico para a aceitação do projeto (Equação 30);
- Coluna  $FCL$  para  $V = V^*$ , mostra o  $FCL$  anual mínimo e perpétuo para o exercício imediato;
- Coluna  $A$  é a constante da função de  $F = AV^B$  conforme condições de contorno (Equação 29);
- Coluna  $F$  representa o valor da opção (Equação 25); e
- Coluna Prêmio pela Espera =  $F - VPL$ .

### 6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante dos valores apresentados nas seções anteriores, com respeito às alternativas de gerenciamento consideradas, foi possível fazer a seguinte análise dos resultados:

Em relação à opção de uso total do Parque dos Manguezais, os resultados foram mais influenciados pelas diferentes avaliações sobre o metro quadrado do ativo ambiental. Para as DAP médias consideradas na pesquisa, quando o valor do metro quadrado ( $m^2$ ) considerado do parque é R\$ 6,00, conforme avaliação da Marinha do Brasil (MB), os valores das DAP são muito suficientes para justificar a preservação do Parque dos Manguezais, independente da metodologia de avaliação de investimentos aplicada, ou seja, o projeto de preservação do parque é aceito tanto pela regra de decisão do *VPL* ( $VPL > 0$ ), quanto pela regra de decisão das opções reais ( $V > V^*$ ).

Entretanto, quando o valor do  $m^2$  aumenta para R\$ 160,00, o menor custo imobiliário para região, conforme a ADEMI-PE, pela análise do *VPL* as DAP médias passam a ser insuficientes para justificar o não uso do ativo ambiental e pela análise das opções reais, apenas a DAP média de R\$ 7,05 é suficiente para justificar a conservação total do parque.

Em relação à opção de uso parcial do Parque dos Manguezais, a opção de construção da via Mangue suspensa compromete uma área menor do parque (1,4%), com isso, sofre menor impacto dos custos ambientais que são proporcionais ao tamanho do dano. Já a construção aterrada que compromete uma área maior do parque (8,3%), sofre um impacto maior dos custos ambientais.

Pela análise do *VPL* as DAP médias utilizadas na pesquisa não são suficientes para justificar a utilização de tecnologia que permita a preservação do Parque dos Manguezais, pois, apesar dos acréscimos ao custo, o impacto no custo da obra não foi relevante, consequentemente a forma de construção aterrada continua sendo a mais barata. Entretanto, quando se procede com a abordagem das opções reais, a construção aterrada apenas é mais barata

quando a DAP média é igual a R\$ 3,40, quando a DAP média estimada por Leite (2006) igual a R\$ 7,05 é considerada, a construção suspensa passa a ser a mais barata passando a justificar a utilização de tecnologias caras mas que degrade menos o meio ambiente, o mangue.

Em relação ao bem-estar social, diante da crescente necessidade de urbanização das cidades em detrimento a preservação dos recursos naturais, a Avaliação Social de Projetos (ASP) torna-se importante instrumento para tomada de decisão, pois, dimensiona os impactos (calcula os custos) ao meio ambiente que uma decisão de uso gera a terceiros, sejam os efeitos benéficos (externalidades positivas) ou adversos (externalidades negativas). No caso de externalidades negativas, quando os danos causados a terceiros não são pagos pelos agentes causadores, ou seja, não são internalizados, o mercado não pode ser considerado eficiente haja vista a perda de bem-estar social ocorrida nesta economia. No caso do Parque dos Manguezais, objeto desta pesquisa, o uso das diferentes alternativas de metodologias para a ASP das opções de gerenciamento é uma tentativa de incluir na análise econômica os custos ambientais e, pelo menos, corrigir as tendências negativas da não internalização dos efeitos externos ocasionados pelo uso do mangue.

Para a opção de uso total, conforme a metodologia do *VPL*, a perda de bem-estar social para a DAP de R\$ 3,40 é de R\$ 178,47 milhões, e para a DAP de R\$ 7,05 é de R\$ 370,07 milhões. Contudo, quando a metodologia de avaliação utilizada é a TOR, a perda de bem-estar social aumenta consideravelmente. Para a DAP de R\$ 3,40 é de R\$ 465,04 milhões, e para a DAP R\$ 7,05 é de R\$ 964,07 milhões. O que significa para sociedade uma perda de bem-estar quase de 1 bilhão de reais.

Para a opção de uso parcial, conforme a análise *VPL*, a perda de bem-estar social vai de R\$ 2,50 milhões até R\$ 30,72 milhões, conforme a DAP considerada e do percentual de comprometimento do ativo ambiental. Já pela análise das opções reais, a perda de bem-estar social vai de R\$ 6,51 milhões até R\$ 80,02 milhões, dependendo também dos valores

considerados da DAP e da área comprometida pela obra.

Desta forma as duas hipóteses básicas estabelecidas foram comprovadas. No caso da primeira hipótese o uso do método das opções reais se mostrou capaz de preencher as lacunas do método de avaliação do *VPL* na avaliação de ativos ambientais, no caso particular desta pesquisa justificando inclusive, em alguns casos, a opção de preservação do Parque dos Manguezais, quando não, diminuindo as discrepâncias entre os valores.

No caso da segunda hipótese, a DAP média estimada por Leite e Melo (2004) só é suficiente para justificar a preservação do meio ambiente quando o preço do m<sup>2</sup> é igual a R\$ 6,00 (MB), isto também é confirmado com a DAP de Leite (2006) para este preço do mangue. Contudo, quando o preço considerado para o cálculo do valor do mangue é de R\$ 160,00 e apenas a DAP média de Leite (2006) é capaz de cobrir o custo de oportunidade do parque no mercado imobiliário e justificar a opção de preservação do mesmo.



## 7. CONCLUSÕES

Atualmente existe uma mega-tendência de conscientização sobre a necessidade de proteção do meio ambiente. Os danos ambientais causados ao longo do tempo são considerados externalidades negativas que quando não são internalizadas pelos agentes causadores, diminuem a eficiência do sistema econômico, pois afetam terceiros, diminuindo os seus bem-estares sem nenhuma compensação por isso. Deste modo, quando os mercados funcionam sem se levar em consideração os seus efeitos externos, precisamente, ambientais, a intervenção do governo é muito oportuna para que este mercado internalize os custos que causam.

Esta pesquisa procurou mostrar a importância da flexibilidade gerencial no processo de tomada de decisão envolvendo ativos ambientais para que não sejam cometidos erros irreversíveis. Ela partiu da importância da valoração econômica dos ativos ambientais porque esta é a atividade inicial no processo de avaliação. Um erro na avaliação significaria análises equivocadas e pouco confiáveis.

A escolha de uma metodologia nova para avaliação deveu-se ao fato da análise tradicional, baseada no fluxo de caixa descontado, não considerar parcelas importantes de um investimento. Com isso, seguindo a sugestão de diversos autores, foi utilizada a abordagem das opções reais que se mostrou bastante apropriada para decisões de uso conflitante relacionadas a recursos naturais que envolvam investimentos irreversíveis, flexibilidade gerencial e incerteza sobre o futuro. Além disso, as opções reais consideram explicitamente o custo de oportunidade de se fazer um investimento imediatamente no lugar de adiá-lo para outra data futura e então resolver algumas incertezas presentes.

O entorno do Parque dos Manguezais foi contextualizado na pesquisa para fins informativos, para que a sociedade conheça os primeiros (não os únicos) afetados por falhas políticas. Pois, em tempos de clamor por proteção ambiental é preciso enfatizar que fazer po-

lítica ambiental é também fazer política social, pois, os principais afetados pelos efeitos da arbitrariedade dos homens, são indefesos, não possuem força política nem voz capaz de ser ouvida.

Esta pesquisa foi relevante do ponto de vista social porque os seus resultados contribuirão para que a sociedade pernambucana adquira uma noção exata do valor monetário da opção de preservação do Parque dos Manguezais, visto que não se sabe as potencialidades do mangue, pois, falta informação para isso, e que de imediato, a construção de uma rodovia possa parecer a melhor escolha para sociedade.

Do ponto de vista da economia do meio ambiente, esta pesquisa foi relevante porque através dos seus resultados será possível, em meio a inúmeras reflexões, atentar para a efetiva aplicabilidade da Teoria das Opções Reais como instrumento para avaliação de investimentos na área ambiental, determinando uma regra de decisão condizente com o princípio da precaução, devido a metodologia atualmente utilizada baseada no FCD não considerar as flexibilidades gerencial e estratégica. Foi a busca por um instrumento que considerasse a informação como fator decisivo para aperfeiçoar o gerenciamento de recursos naturais.

Contudo, a maior relevância da pesquisa decorreu da contribuição que deu ao estudo de métodos de avaliação econômica de projetos ligados ao uso de ativos ambientais, apresentando uma nova ferramenta como quebra de paradigma em relação ao método até então utilizado, proporcionando uma nova regra de decisão de fácil utilização em outros casos.

Neste trabalho a abordagem das opções reais foi utilizada para determinar se uma parte do Parque dos Manguezais deveria ser utilizada para construção de uma rodovia ou deveria ser preservada em sua integridade. A decisão de construção da Via Mangue foi considerada irreversível, mas que produzia um fluxo de caixa, suposto para a aceitação do projeto pela regra tradicional de avaliação de investimento. A preservação renderia um fluxo de caixa anual de benefícios conforme as DAP médias estimadas por Leite e Melo (2004) e Leite

(2006) que foi assumido seguir um processo estocástico do Movimento Geométrico Browniano (MGB). Conforme a forma de construção da avenida esse fluxo seria reduzido.

Os valores críticos da preservação do Parque dos Manguezais foram de R\$ 465,04 milhões [DAP = R\$ 3,40] e R\$ 964,07 milhões [DAP = R\$ 7,05]. Estes valores foram encontrados conforme a necessidade de investimentos para obra de construção. Estes valores (gatilho) foram obtidos por programação dinâmica resolvendo a equação de Bellman representativa do problema de otimização do VPL do parque sujeito as condições de contorno que garantiram as decisões ótimas e seus limites. Foi mostrado que os valores obtidos pelo método das opções reais são superiores aos valores obtidos pelo método tradicional.

Depois de 500 anos de destruição deve ser dada uma moratória aos recursos naturais, especificamente ao Parque dos Manguezais – último remanescente na cidade do Recife. As múltiplas utilidades do Parque dos Manguezais devem ser consideradas antes da decisão de uso degradante, pois ele não é vazio de biodiversidade, nem de funções e muito menos de serviços ambientais. Ele é rico e tem valor.

O desenvolvimento sustentável do Parque dos Manguezais preserva sua biodiversidade bem como a biodiversidade dos ecossistemas marinhos para os quais os mangues provêm habitat, nutrientes, e proteção de sedimentação. Além disso, ele continuará fornecendo plantas medicinais para chás, peixes e caranguejos. Para a sociedade sua preservação diminuirá a possibilidade de enchentes. E para o clima, sua conservação pode aumentar o armazenamento de carbono ou diminuir a emissão de gases do efeito estufa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVITZ, M. **Thinking about growth. And other essays on economic growth and welfare.** Cambridge University Press, 1993.
- AGIRAZUL. **Prefeitura de Florianópolis condenada por destruição de mangue.** Porto Alegre: PANGEA – Associação Ambientalista, n. 12, out.nov. 1996.
- ALMEIDA, J.R. de; MONTEIRO, A.G.; ALMEIDA, M.B. **Avaliação econômica de um agroecossistema através da energia cultural.** In: IV Encontro Nacional de Economia Ecológica, 2001, Belém.
- ARROW, K.; FISHER, A.C. **Environmental preservation, uncertainty and irreversibility.** Quarterly Journal of Economics. 86(2): 312-319. 1974.
- BANN, C. **The economic valuation of mangroves: a manual for researchers.** The Economy and Environment Programme for Southeast Asia (EEPSEA), 1997.
- BELLUZZO JR, W. **Valoração de bens públicos através de modelos de escolha binária. O método de avaliação contingente.** In: I Encontro bienal da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 1995.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. **The pricing of options and corporate liabilities.** Journal of Political Economy 81, 637–59. 1973.
- BRAGA, P.L.S.; OLIVEIRA, C.R.; ABDALLAH, P.R. **Aplicação do Método de Valoração Contingente no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil.** In: III Seminário de Economia do Meio Ambiente, 2003, Campinas. Regulação Estatal e Auto-Regulação Empresarial, 2003.
- BRANDÃO, L.E.T.; HACON, S.; SAMPAIO, M. **Análise econômica: uma ferramenta para gestão ambiental - Estudo de caso: repovoamento da Lagoa do Ibiraquera com pós larva de camarão marinho.** V Encontro Nacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente. FEA/USP e EAESP/FGV, São Paulo, 1999.
- BRASIL. **Lei nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal)
- BRITO, P. **Análise e viabilidade de projetos de investimentos.** São Paulo: Atlas, 2003.
- BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos.** Rio de Janeiro: Campus, 1984.

CARSON, R. **Silent spring**. Houghton Mifflin Co., 1994.

CASTRO, J. **Homens e caranguejos**. Houghton Mifflin Co., 1994.

CARVALHO, A. **Ecobriga: Projeto de via expressa com pedágio prevê construção e aterro no maior manguezal urbano do país e abre guerra no Recife**. Isto É, São Paulo, 13out.2000.

CMMAD. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONRAD, J.M. **On the option value of old growth forest**. *Ecological Economics* n. 22, pp. 97–102, 1997.

CONTADOR, C.R. **Análise Social de Projetos**. São Paulo: Atlas, 1981.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos** Tradução de Maria José Cyhlar. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

COSTA, F.A.P. **Arredores do Recife**. Recife: Editora Massangana, 2001.

COX, J.C.; ROSS, S.A.; RUBINSTEIN, M. **Option pricing: a simplified approach**. *Journal of Financial Economics*, vol. 7, 1979, p.229-263

DA SILVA, M.A.R. **Economia dos recursos naturais**. In MAY,P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. da, (Org). **Economia do meio ambiente**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

DIAS, M.A.G. **Opções reais híbridas com aplicações em petróleo**. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2005.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton Univ Press, Princeton, 1994.

\_\_\_\_\_. **The options approach to capital investment**. Harvard business review. May-June, 1995.

DUBEUX, C. B. S. **A valoração econômica como instrumento de gestão ambiental – O caso da despoluição da Baía de Guanabara** [Rio de Janeiro] - Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE (M.Sc., Planejamento Energético), 1998.

FARROW, S. **Using risk assessment, benefit-cost analysis, and real options to implement a precautionary principle: cases in the regulation of air quality, petroleum**

**leasing, safety, and genetically modified crops.** 2001.

**FAVELAS ameaçam área do Parque dos Manguezais.** Jornal do Commercio, Recife, 13.jun.2004. Ciência e Meio Ambiente, p. 5.

**FINCO, M.V.A. Instrumentos econômicos como ferramenta de valoração ambiental. Caso de estudo: Praia do Cassino, Rio Grande-RS, Brasil.** Rio Grande, 2001, 94 p. Monografia (graduação). Ciências Econômicas / FURG.

**FISHER, A.C.; HANEMANN, W.M. Environmental damages and option values.** Natural Resource Modeling 1: 111–124, 1986.

**FORSYTH, M. On estimating the option value of preserving a wilderness area.** Canadian Journal of Economics, vol. 33, issue 2, pages 413-434, 2000.

**HENRY, C. Investment decisions under uncertainty: The irreversibility effect.** American Economic Review. 64: 106-1012. 1974.

**HOMMA, A.K.O.; WALKER, R.T.; CARVALHO, R.A.; CONTO, A.J.; FERREIRA, C.A.P. Razões de risco e rentabilidade na destruição de recursos florestais: o caso de castanhais em lotes de colonos no Sul do Pará.** Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, 27(3):515-535, jul./set. 1996.

**HULL, J.; WHITE, A. The pricing of options on assets with stochastic volatilities.** Journal of Finance, 42, 281-300. 1987.

**LEITE, J.C.L.; MELO, A.S.S.A. Valoração de uma área do mangue no Recife usando método de valoração contingente.** 2004. 5f. Artigo. Universidade Federal de Pernambuco – Programa de Pós-Graduação em Economia (PIMES), Recife.

**LEITE, J.C.L. O método de valoração contingente: uma estimação da disposição a pagar utilizando um modelo econométrico flexível quanto a forma.** 2006. 131 f. Tese (Doutorado em Economia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

**LUEHRMAN, T.A. Investment opportunities as real options: getting started on the numbers.** Harvard business review. Jul-Ago, 1998.

**MANKIW, N.G. Introdução à economia: edição compacta.** Tradução de Essentials of economics de Allan Vidigal Hastings. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

**MENEZES, J.L.M. O Urbanismo holandês no Recife - permanências no urbanismo**

**brasileiro.** Comunicação apresentada no Colóquio "A construção do Brasil urbano", Convento da Arrábida – Lisboa, 2000.

MERTON, R.C. **Theory of rational option pricing.** Bell Journal of Economics and Management Science, Vol. 4, Spring, 141-83. 1973.

MOGAS, J.; NETO, M.S.; RIERA, P. **Valoração dos riscos de incêndios florestais na Espanha.** I Simpósio Iberoamericano de Gestão e Economia Florestal – Porto Seguro, Julho, 2001.

MYERS, S.C. **Determinants of corporate borrowing.** Journal of Financial Economics. n. 5. p. 147-75. Nov, 1977.

MOTA, R.S. **Manual de valoração econômica de recursos ambientais.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 1998.

ORTIZ, R.A. **Valoração econômica ambiental** In MAY, P.H, LUSTOSA, M.C. e VINHA, V. da, (Org). **Economia do meio ambiente.** Rio de Janeiro: Campus, 2003.

PASIN, R.M.; MARTELANC, R.; SOUZA, A.F. **A flexibilidade do processo decisório e o valor da opção de adiamento** Ensaios de Finanças. VI SEMEAD: São Paulo, 2003.

PCR. **Relatório de Diagnóstico Zona Especial de Preservação Ambiental – ZEPA 2.** Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2004.

PESSOA, R.E.C.; RAMOS, F.S. **Avaliação de ativos ambientais: uma aplicação do Método de Valoração Contingente.** Revista Brasileira de Economia. Vol 12. Nº 25, p.120-135, 1998.

RECIFE. Lei nº 16.176, de 09 de abril de 1996 - **Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife – LUOS.**

ROMEIRO, A.R. **Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares.** Economica, Revista da UFF, v. 1, n. 1, 1999.

\_\_\_\_\_. **Sustainable development and institutional change: the role of altruistic behavior.** Campinas: Unicamp. IE, 2000. (Texto para Discussão, n. 97).

\_\_\_\_\_. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 102, set. 2001.

ROSS, S. M. **Stochastic Processes** (2nd ed.) Wiley, New York, 1996.

SAPHORES, J-D. M. e CARR, P. **Real options and the timing of implementation of emission limits under ecological uncertainty**, 2004.

SIEBERT, C. **História de Pernambuco**. São Paulo: FTD, edição renovada, 2001.

SILVA, J. J. A. da, **“Diretrizes para uso dos manguezais do Pina, Recife: uma análise crítica”** Dissertação de Mestrado – USP – Professor da FAFIRE – Faculdade Frassinetti do Recife, 2001.

SILVA, R.G.; LIMA, J.E. **Valoração contingente do Parque “Chico Mendes”: uma aplicação probabilística do método *Referendum* com *Bidding Games***. RER, Rio de Janeiro, vol. 42, nº 04, p. 685-708, out/dez 2004 – Impressa em dezembro, 2004.

TAVORA JUNIOR, J.L.; EUSTÁCHIO, J.A.V.; SEIXAS, L.M.A.L. **Avaliação social de projetos: uma revisão** In SAMPAIO, Y (Org). **Ensaio sobre economia agrícola e meio ambiente no Nordeste** – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000.

TOURINHO, O. **The option value of reserves of natural resources**. Working paper n. 94. University of California at Berkeley, 1979.

TRIGEORGIS, L. **Real options in capital investment: models, strategies and applications**. Westport: Praeger, 1995.

VARIAN, H. R. **Microeconomia – princípios básicos**. Tradução da 6ª Edição Original de Maria José Cyhlar Monteiro – Rio de Janeiro: Campus, 2003.

WANG, G.Y. **Real options: the key to value – a review of theory and application**. Working Papers – Asia Conference on Efficiency and Productivity Growth, 2002.

WESSELER, J. **On the real option value of scientific uncertainty for public policies** – 7th Annual International Conference on REAL OPTIONS, Washington DC, 2003.