

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**JULIO COTRIM**

**MODELOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS A PARTIR  
DE UM ESTUDO DE CASO**

**CURITIBA**

**2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**MODELOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS A PARTIR  
DE UM ESTUDO DE CASO**

**CURITIBA**

**2012**

**JULIO COTRIM**

**MODELOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS A PARTIR  
DE UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná e a *Universität Stuttgart* Alemanha, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Professor Dr. Georges Kaskantzis Neto

Co-orientadora: Professora M.Sc. Sandra Mara Pereira Queiroz

**CURITIBA**

**2012**

**C845m Cotrim, Julio**

**Modelos de valoração econômica de danos ambientais a partir de um estudo de caso / Julio Cotrim. – Curitiba, 2012.**

**152 f.: il., tab., grafs.**

**Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, SENAI-PR, *Universität Stuttgart*, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial.**

**Orientadores: Georges Kaskantzis Neto**

**Coorientadora: Sandra Mara Pereira Queiroz**

**1. Impacto ambiental - Avaliação - Metodologia. 2. Responsabilidade por danos ambientais. I. Kaskantzis Neto, Georges . II. Queiroz, Sandra Mara Pereira. III. Título.**

**CDD: 333.714**

## TERMO DE APROVAÇÃO

JULIO COTRIM

### MODELOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS A PARTIR DE ESTUDO DE CASO

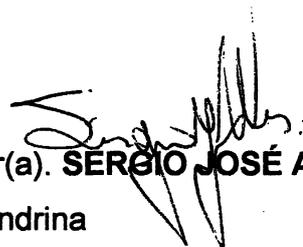
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI-PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a):

Prof(a). Dr(a)  **GEORGES KASKANTZIS NETO**  
DEQ/UFPR

Coorientador(a):

  
Prof(a). Me. **SANDRA MARA PEREIRA DE QUEIROZ**  
MAUI

  
Prof(a). Dr(a). **SÉRGIO JOSÉ ALVES**  
IAPAR-Londrina

  
Prof(a). Dr(a). **PATRÍCIA CHARVET**  
SENAI/PR



  
Prof. Dr. **ALVARO LUIZ MATHIAS 09409-9**  
Coordenador do TC/MAUI-UFPR

Curitiba, 27 de janeiro de 2012.

*Aos meus pais Antonio Carlos Cotrim e Zuleica Vazzi Cotrim, por ter acreditado que o exemplo, educação e dedicação são essenciais para o sucesso profissional e pessoal.*

*À Juliana, minha esposa, pela fundamental paciência e compreensão na minha constante ausência nos últimos três anos e pelas orações.*

*Aos meus filhos Lucas (11anos) e Luana (7 anos) por suportarem minha ausência, mesmo quando presente e que sempre me deixam feliz simplesmente por existirem.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pelo amor incondicional e por ter me acompanhado nesta caminhada.

Ao Sistema FIEP/ SENAI-PR por ter me proporcionado esta oportunidade de mestrado por meio de bolsa de estudo e custeios de despesas, na pessoa do João Barreto Lopes e Marco Antonio Areias Secco, companheiros de trabalho.

Ao DAAD e ao governo alemão pela organização do curso e pelo suporte financeiro para viagem à Alemanha como estudo extracurricular do mestrado.

Ao orientador Prof. Dr. Georges Kaskantzis Neto por ter colocado a disposição e compartilhado comigo um tema de seu domínio e conhecimento.

Especialmente à Professora Sandra Mara Pereira de Queiroz que me acolheu em sua plena capacidade de associar conhecimento e competência com humildade, de forma voluntária e dedicada.

À Marielle Feilstrecker e Mauricy Kawano, companheiros de SENAI, pela amizade, apoio e companheirismo durante todo o curso de mestrado.

À professora e colega de trabalho Patricia Charvet e ao amigo Sergio José Alves que gentilmente atenderam ao convite de participarem da banca de defesa e deixaram suas valorosas contribuições.

À Professora Regina Weinschutz, pelo apoio nas questões de dissertação.

Ao Professor Andreas Friedrich Grauer pelas observações enriquecedoras na qualificação deste estudo.

Aos Professores Daniela Neuffer e Uwe Menzel pela simpatia e dedicação ao acompanharmos durante toda a viagem à Alemanha no curso.

À eng. Silvana Mali Kumura e Tathiana Ueno pelo apoio oferecido.

À Vera Lucia do Amaral e Eliane Dorgam que me apoiaram e incentivaram na conclusão deste estudo.

Ao Dr. Divonzir José Borges e sua assessora Maria Luisa pela disponibilidade e atenção no Ministério Público de São José dos Pinhais.

Ao amigo Dr. Jorge Fernando Barreto da Costa por intermediar o atendimento com o Dr. Divonzir junto ao Ministério Público.

Ao Breno Paulo Herbert por compartilhar sua dissertação comigo.

Ao engenheiro químico Luciano Avila da empresa Ecoreg do Brasil no auxílio e explicações sobre medidas de mitigação de solo e águas subterrâneas contaminadas.

Ao Professor Dr. Luis Cesar Ribas que prontamente me auxiliou nas dúvidas quanto ao seu método CATE, aplicado neste presente estudo, e por ter disponibilizado bibliografia original e atualizada.

Ao fiscal do IAP Juracy Araujo Coelho pelo atendimento e disponibilização de fotografias da área estudada.

Aos amigos de sempre Fernando, Andrei e Sandro pela amizade e companhia em momentos agradáveis nestes últimos três anos de curso e estudos.

À companheira e amiga Andréa pela amizade e sempre atenção.

A todos os amigos e colegas de turma.

## RESUMO

Os danos ambientais ocasionados por ações antropogênicas não eram quantificados até a década de 90, nem valorados e havendo apenas ações de fiscalização com aplicação de multas. Em outro momento mais próximo, os danos de mesma origem passaram a ser analisados de forma mais criteriosa, a fim de quantificar o valor financeiro do dano ambiental para aplicação de multa. Atualmente se utilizam métodos de valoração do dano ambiental e estes têm auxiliado nos cálculos em ações judiciais. Todavia os métodos apontados nas bibliografias atendem a casos específicos para o fim que foi criado. O presente estudo visa pesquisar o comportamento de quatro metodologias de valoração econômica de impactos ambientais, sendo eles o CATE, VCP, DEPRN e HEA e pesquisar e aplicar o método de Pastakia para avaliação de impactos, a partir das suas aplicações em estudo de caso. O estudo escolhido foi da empresa de reciclagem de tinta industrial RECOBEM em São José dos Pinhais-Pr, que contaminou o solo e água subterrânea a partir do acondicionamento inadequado de resíduos tóxicos. A metodologia adotada foi pesquisa e revisão de documentos, revisão bibliográfica, visitas ao local e entrevistas. Os métodos escolhidos foram aplicados e avaliados seus resultados, descrevendo as dificuldades, acertos e desacertos de cada método, comparando seus resultados por métodos estatísticos descritivos. Resultado do presente estudo foi proposta de alterações no método de Pastakia, sendo utilizada a árvore de fatores de Oréa para a análise do sistema ambiental afetado aplicando os critérios de Pastakia nestes fatores e componentes e alterou-se a fórmula do cálculo de Pastakia, comprovando estatisticamente que temos um melhor resultado dos valores com a proposta de alteração. A aplicação dos 4 métodos de valoração financeira nos leva a concluir que o valor apresentado pelo método CATE é o que apresenta maior eficiência no que se refere à comparação estatística dos resultados dos quatro métodos.

Palavras-chave: Valoração Econômica Ambiental. Impacto Ambiental. Método de Pastakia. Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental. CATE, VCP, DEPRN, HEA.

## ABSTRACT

Environmental damages caused by anthropogenic actions were not qualified or valued until the 1990s, and there were only inspection actions with fines. In a closer moment, damages from the same origin started to be analyzed in a more rigorous way, in order to quantify the financial value of environmental damages for the application of fines. Currently, methods to assess the value of environmental damages have been used and these have aided in the calculation of legal actions. However, the methods appointed in literature meet specific cases, and are only valuable for the purpose they were created. The present study aims to research the behavior of four economic assessment methodologies for environmental impacts, namely CATE, VCP, DEPRN and HEA; and research and apply the Pastakia method for impact assessment, from its applications in case studies. The study chosen was the one from the industrial paint recycling company RECOBEM, based in São Jose dos Pinhais – Pr/Brazil, which contaminated soil and underground water due to inappropriate storage of toxic residues. Research and review of documents, bibliographic revision, visits to the location and interviews were the methodologies adopted for this study. The chosen methods were applied and their results were evaluated, describing the difficulties, rights and wrongs of each method, comparing the results using descriptive statistic methods. As a result of the present study, changes were proposed in the Pastakia method, using Orea factor tree for the analysis of the affected environmental system applying the Pastakia criteria to these factors and components, and the Pastakia calculation formula has been altered, statistically proving that there is a better result for the values with the proposed changes. The application of the 4 methods for financial valuing leads to the conclusion that the value presented by the CATE method is the one presenting greater efficiency regarding the statistic comparison of results from the four methods.

Key words: Environmental Economic Valuing. Environmental Impact. Pastakia Method. Environmental Impact Assessment Methods. CATE, VCP, DEPRN, HEA.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	ÁRVORE DE FATORES .....	26
FIGURA 2 -	ENTORNO E OS SUBSISTEMAS .....	28
FIGURA 3 -	SUBSISTEMAS E COMPONENTES AMBIENTAIS.....	29
FIGURA 4 -	FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE MEIO INERTE .....	30
FIGURA 5 -	FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE MEIO BIÓTICO .....	32
FIGURA 6 -	FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE MEIO PERCEPTUAL .....	33
FIGURA 7 -	FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE USO DO SOLO .....	34
FIGURA 8 -	FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE POPULAÇÃO.....	35
FIGURA 9 -	FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS.....	36
FIGURA 10 -	ESQUEMA DO AHE.....	77
FIGURA 11 -	PRODUTOS ARMAZENADOS EM INSPEÇÃO E RETIRADA 2002.....	88
FIGURA 12 -	PRODUTOS ARMAZENADOS EM INSPEÇÃO E RETIRADA 2002.....	89
FIGURA 13 -	PRODUTOS ARMAZENADOS EM INSPEÇÃO E RETIRADA 2002.....	89
FIGURA 14 -	VISTA AÉREA DA PROPRIEDADE DO BARRO PRETO.....	90
FIGURA 15 -	ENTRADA DA RUA DA RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011.....	91
FIGURA 16 -	PLACA COM NOVO NOME DA RUA DA PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	92
FIGURA 17 -	PLACA COM NÚMERO DA PROPRIEDADE COM DIVISA À ESQUERDA DA PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	92
FIGURA 18 -	PLACA COM NÚMERO DA PROPRIEDADE COM DIVISA À DIREITA DA PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	93
FIGURA 19 -	PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	93
FIGURA 20 -	PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	94

FIGURA 21 -	PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	94
FIGURA 22 -	PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011 .....	95
FIGURA 23 -	DEPÓSITO BARRO PRETO ANTES DA RETIRADA DOS TAMBORES .....	96
FIGURA 24 -	DEPÓSITO BARRO PRETO TAMBORES ARMAZENADOS SEM PROTEÇÃO .....	96
FIGURA 25 -	DEPÓSITO BARRO PRETO TAMBORES ARMAZENADOS EM ESTADO DE DECOMPOSIÇÃO COM A PERDA DO MATERIAL PARA O SOLO .....	97
FIGURA 26 -	DEPÓSITO BARRO PRETO COM RETIRADA PARCIAL DOS TAMBORES AO FUNDO O DEPÓSITO SUBTERRÂNEO COBERTO.....	97
FIGURA 27 -	DEPÓSITO BARRO PRETO BARRACÃO COM LIXO A GRANEL ENTERRADO.....	98
FIGURA 28 -	PISO DO BARRACÃO DO DEPÓSITO BARRO PRETO SENDO DEMOLIDO .....	98
FIGURA 29 -	MATERIAL ENTERRADO SOB O PISO DEMOLIDO NO BARRACÃO DO DEPÓSITO BARRO PRETO .....	99
FIGURA 30 -	MATERIAL ESCAVADO NO BARRACÃO DO DEPÓSITO BARRO PRETO.....	99
FIGURA 31 -	DEPÓSITO BARRO PRETO MATERIAL ENTERRADO .....	100
FIGURA 32 -	TANQUE DE CONCRETO COM TAMBORES COM MATERIAL TÓXICO DO DEPÓSITO BARRO PRETO.....	101
FIGURA 33 -	VISTA DO TANQUE DE CONCRETO NO TERRENO DO DEPÓSITO BARRO PRETO.....	102
FIGURA 34 -	DETALHE DO TANQUE DE CONCRETO NO TERRENO DO DEPÓSITO BARRO PRETO.....	102
FIGURA 35 -	SOLO CONTAMINADO DE BARRO PRETO NA FABRICA DE CIMENTO ITAMBÉ .....	103
FIGURA 36 -	GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DE ESM E ESA .....	119
FIGURA 37 -	RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS ATRIBUIDOS .....	122

FIGURA 38 -	RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS ATRIBUIDOS (CONTINUAÇÃO).....	122
FIGURA 39 -	GRÁFICOS DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL E RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA ESM.....	124
FIGURA 40 -	GRÁFICOS DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL E RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA ESA .....	125
FIGURA 41 -	GRÁFICO PROBABILISTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESM E GRUPO B.....	126
FIGURA 42 -	GRÁFICO PROBABILISTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESA E GRUPO B .....	127
FIGURA 43 -	GRÁFICO PROBABILISTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESM E A RAZÃO ENTE O GRUPO A E B.....	128
FIGURA 44 -	GRÁFICO PROBABILISTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESA E A RAZÃO ENTE O GRUPO A E B.....	129
FIGURA 45 -	TABELA DE CORRELAÇÕES ENTRE OS DADOS TRATADOS ESTATISTICAMENTE.....	130
FIGURA 46 -	GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DOS IMPACTOS ENTRE OS COMPONENTES ANALISADOS.....	132
FIGURA 47 -	GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DOS IMPACTOS ENTRE OS FATORES ANALISADOS.....	133

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	EXEMPLO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	39
QUADRO 2 -	ELEMENTOS DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	40
QUADRO 3 -	INDICADORES AMBIENTAIS.....	43
QUADRO 4 -	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL.....	47
QUADRO 5 -	SERVIÇOS E FUNÇÕES DO ECOSISTEMA.....	57
QUADRO 6 -	ASPECTOS AMBIENTAIS TIPOLOGIA DO DANO E CRITÉRIOS DE QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS .....	68

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	ESCALA DE VALORES NUMÉRICOS E ALFANUMÉRICOS – AVALIAÇÃO DE IMPACTOS .....	48
TABELA 2 -	ESCALA COMPARATIVA. RELAÇÃO DANOS AMBIENTAIS DIRETOS (d) E INDIRETOS (i).....	65
TABELA 3 -	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO DANO - DPRN.....	67
TABELA 4 -	QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - AR .....	71
TABELA 5 -	QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS -ÁGUA.....	72
TABELA 6 -	QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - SOLO E SUBSOLO .....	73
TABELA 7 -	QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - FAUNA .....	74
TABELA 8 -	QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - FLORA .....	75
TABELA 9 -	QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - PAISAGEM .....	76
TABELA 10 -	ATRIBUIÇÃO DE VALORES REMEDIAÇÃO DO SOLO CONTAMINADO EM BARRO PRETO .....	106
TABELA 11 -	ATRIBUIÇÃO DE VALORES REMEDIAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTAMINADA EM BARRO PRETO.....	107
TABELA 12 -	ATRIBUIÇÃO DE VALORES PARA OS CRITERIOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POR PASTAKIA .....	110
TABELA 13 -	ESCALA DE VALORES NUMÉRICOS E ALFANUMÉRICOS – AVALIAÇÃO DE IMPACTOS .....	111
TABELA 14 -	MATRIZ RIAM.....	112
TABELA 15 -	PROPOSTA DE MATRIZ RIAM COM COMPONENTES DEFINIDOS POR ORÉA .....	114
TABELA 16 -	ATRIBUIÇÃO DE VALORES PARA OS CRITERIOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POR PASTAKIA .....	116
TABELA 17 -	VALORES ATRIBUIDOS AOS CRITERIOS PARA OS SUBSISTEMAS E RESULTADOS DOS IMPACTOS POR ESM E ESA .....	118
TABELA 18 -	ATRIBUIÇÃO DE VALORES E CONJUNTO DE DADOS PARA TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	120
TABELA 19 -	ATRIBUIÇÃO DE VALORES E CONJUNTO DE DADOS PARA TRATAMENTO ESTATÍSTICO (CONTINUAÇÃO) .....	120

TABELA 20 -	RESULTADOS DOS VALORES DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ALTERADO.....	131
TABELA 21 -	APLICAÇÃO DO MÉTODO DEPRN E FATOR DE MULTIPLICAÇÃO.....	138
TABELA 22 -	VALORES ANUAIS DESCONTADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO REQUERIDO PARA DESCONTAMINAÇÃO.....	143
TABELA 23 -	VALORES ANUAIS DESCONTADOS DO INCREMENTO DE SERVIÇOS DO PROJETO DA ÁREA DE COMPENSAÇÃO DOS DANOS.....	144
TABELA 24 -	VALORES DOS RESULTADOS DOS MODELOS DE VALORAÇÃO AVALIADOS ESTATISTICAMENTE.....	146

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
CATE	– Custo Ambiental Total Esperado
CETESB	– Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	– Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEPRN	– Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais
EIA	– Estudo de Impacto Ambiental
ES	– Environmental Score
AHE	– Método da Análise do Habitat Equivalente
IAP	– Instituto Ambiental do Paraná
MA	– Meio Ambiente
NBR	– Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
ONG	– Organização Não Governamental
OSCIP	– Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
RIAM	– Rapid Impact Assessment Matrix
RV	– Range value
SEMA	– Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
VCP	– Valor da Compensação Ambiental
VERA	– Valor Econômico do Recurso Ambiental

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	23
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>24</b>
2.1 ESTRUTURA DO SISTEMA AMBIENTAL .....	24
2.1.1 Subsistemas Ambientais .....	27
2.1.2 Componentes Ambientais .....	28
2.1.3 Fatores Ambientais .....	29
2.1.3.1 Meio Inerte.....	30
2.1.3.2 Meio Biótico .....	32
2.1.3.3 Meio Perceptual.....	33
2.1.3.4 Uso do Solo .....	34
2.1.3.5 População.....	35
2.1.3.6 Infraestrutura e Serviços.....	36
2.2 PROGNÓSTICO DO IMPACTO AMBIENTAL.....	37
2.2.1 Aspectos e Impactos .....	38
2.2.2 Identificação de Aspectos Ambientais.....	39
2.2.3 Identificação do Impacto Ambiental.....	40
2.2.3.1 Indicadores do Impacto Ambiental.....	42
2.2.4 Avaliação de Impacto Ambiental .....	45
2.2.4.1 Avaliação Qualitativa do Impacto .....	46
2.2.4.2 Avaliação Quantitativa do Impacto .....	46
2.2.4.3 Avaliação do Impacto Ambiental por Pastakia.....	48
2.3 O VALOR ECONÔMICO DOS RECURSOS NATURAIS.....	52
2.3.1 O Valor Econômico do Recurso Ambiental - VERA .....	54
2.3.2 Serviços Ambientais.....	55
2.4 METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL.....	58
2.4.1 Métodos Diretos de Valoração Ambiental .....	59
2.4.1.1 Método de Produtividade Marginal - PMP .....	59
2.4.1.2 Método de Preços Hedônicos.....	60
2.4.1.3 Método dos Custos de Viagem.....	60
2.4.1.4 Método de Valoração Contingente - MVC .....	61

2.4.2 Métodos Indiretos de Valoração Ambiental .....	62
2.4.2.1 Método de Mercado de Bens Substitutos .....	62
2.4.2.2 Método de Custos Ambientais Totais Esperados (CATE) .....	63
2.4.2.3 Método do Valor da Compensação Ambiental – VCP .....	66
2.4.2.4 Método DEPRN – Departamento de Proteção de Recursos Naturais .....	67
2.4.2.5 Método da Análise do Habitat Equivalente - AHE .....	76
<b>3 MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>80</b>
3.1 PESQUISA DOCUMENTAL .....	80
3.2 ÁREA DE ESTUDO .....	81
3.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS .....	82
3.4 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DA DESCONTAMINAÇÃO DA ÁREA .....	82
3.5 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA .....	82
3.6 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS .....	83
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>84</b>
4.1 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES DO SÍTIO CONTAMINADO .....	84
4.1.1 Caracterização da RECOBEM .....	86
4.1.1.1 Caracterização geral das unidades Guatupê e Xingu .....	87
4.1.1.2 Caracterização da unidade Barro Preto .....	90
4.2 MÉTODOS DE REMEDIAÇÃO .....	104
4.2.1 Solo .....	105
4.2.2 Água Subterrânea .....	107
4.3 AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS .....	108
4.3.1 Método de Avaliação de Impactos por Pastakia .....	108
4.3.1.1 Proposta de alterações no método de Pastakia .....	113
4.3.1.2 Matriz Resultante da Contaminação em Barro Preto .....	130
4.3.2 Métodos de Valoração Financeira dos Danos Ambientais .....	133
4.3.2.1 Dados de entrada dos modelos .....	134
4.3.2.2 Método dos Custos Totais Esperados - CATES .....	134
4.3.2.3 Método VCP .....	136
4.3.2.4 Método DEPRN .....	138
4.3.2.5 Método AHE .....	140
4.3.2.6 Análise dos resultados .....	146
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>147</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>150</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças no meio ambiente ocorrem de maneira contínua sejam mudanças climáticas, físicas ou de outra natureza. Elas são decorrentes dos fenômenos naturais sobre os quais temos pouco ou nenhum controle. A princípio as catástrofes são eventos inesperados que, teoricamente, não estão relacionados às ações do homem, como, por exemplo, o caso de terremotos, vulcões em erupção e tsunamis.

Segundo Kaskantzis (2010), as atividades antropogênicas tinham pouca influência nas mudanças climáticas até o século XVIII. Porém, após a revolução industrial, e principalmente, no século XX, as agressões antropogênicas ao meio ambiente tem influenciado o clima do planeta. As principais causas que contribuem para essas mudanças são o aumento populacional, o consumo exacerbado, as mudanças das atividades industriais, transporte, agricultura, degradações, e outros.

O desenvolvimento de um País depende dentre outros fatores da quantidade de recursos naturais disponíveis. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável depende da capacidade do País de gerir seus recursos para que sejam saciadas as necessidades do hoje, sem que seja comprometida a capacidade de satisfazer-se destes recursos no futuro (VINOTTI, 2009).

Segundo Vinotti (2009) os problemas ambientais, na sua grande maioria, ocorrem por falhas de mercado, oriundas de atividades da administração pública e econômicos ineficientes, como, por exemplo, as políticas governamentais mal orientadas, a não garantia do direito da propriedade, e principalmente a dificuldade em estipular o real valor econômico dos recursos ambientais (PANAYOTOU, 1995 *apud* VINOTTI, 2009).

A falta de legislação adequada e punição são fatores que contribuem para a degradação dos recursos naturais. Nesse contexto, a intervenção do Estado, através da fiscalização e aplicação de multas, tributos, taxas, no presente momento, é a principal forma de coibir a degradação ambiental. No caso dos países, como o Brasil, com consciência em construção a respeito da importância da proteção ambiental, os controles rigorosos as leis, a fiscalização e as multas são as alternativas mais utilizadas na atualidade.

Os impactos decorrentes de ação do ser humano podem ser quantificados e valorados financeiramente? Podemos dar valor financeiro ao meio ambiente?

Se for necessário valorar monetariamente um dano ambiental para fins econômicos, deve-se valorar o meio ambiente, considerando sua recuperação e os danos causados em seus mais diversos aspectos. Essa valoração cria uma hegemonia nos valores levantados e cobrados no caso, por exemplo, de ações judiciais.

A valoração econômica de danos ambientais é um tema ainda pouco explorado e com poucas bibliografias que dizem a respeito. Esta limitação aliado à importância que esse assunto tem para a sociedade é a principal justificativa da escolha para trabalharmos nesta pesquisa.

O termo valoração econômica tem como definição o conjunto de técnicas que servem para a avaliação de um bem, este pode ser público ou privado. A valoração tem o propósito de ordenar e determinar o valor econômico de um recurso estimando o valor monetário do recurso em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia (MOTTA, 1998).

A valoração econômica ambiental ou valoração ambiental tem o propósito de valorar (dar valor monetário) aos bens ambientais ou recursos naturais. A valoração monetária de recursos e danos ambientais é uma área de caráter interdisciplinar, que pode ser utilizada nos processos de licenciamento ambiental e nas perícias judiciais (KASKANTZIS, 2010).

Segundo a ABNT NBR 14653-6 (2009, p. 3) a definição do método avaliatório e seu grau de fundamentação que se pretende atingir dependem de aspectos como escopo, finalidade, objetivo, prazo de apresentação do laudo e condições diversas, como coleta de dados. No caso da finalidade podem ser: aquisição, desapropriação, indenização, permuta, compensação de danos ambientais, doação, adjudicação, dação em pagamento, arrematação, arrendamento, fins contábeis, garantia, seguro, priorização de investimentos governamentais, subsídio à gestão ambiental, custos de oportunidade da proteção ambiental, avaliação de direitos minerários, entre outros. (ABNT NBR 14653-6, 2009, p. 4)

Apesar da crescente utilização dos métodos de valoração ambiental, Kaskantzis (2010) explica que, na atualidade o número de metodologias disponíveis na literatura especializada ainda é limitado, o que levou a estudar os diferentes

métodos apresentados neste trabalho de acordo com sua aplicação e comparar os resultados de alguns métodos aplicados a um estudo de caso.

A fim de se aplicar os diferentes métodos de valoração de impacto ambiental foi necessário o estudo e entendimento de conceitos associados entre si, propostos pelo professor Dr. Georges Kaskantzis Neto, orientador desta dissertação. Vale salientar que esses conceitos, até o presente momento, não foram aplicados em ações judiciais de valoração de impacto ambiental, da forma como é apresentado nesse estudo.

As etapas dessa dissertação se baseiam em: primeiramente estudar a estrutura do sistema ambiental, fundamentada nos estudos de Orea (2002), onde é apresentado o meio ambiente como sendo um sistema constituído de elementos físicos, biológicos, econômicos, sociais, culturais e estéticos interagindo entre si. Nesta etapa é conhecido o meio ambiente em subsistemas, componentes e fatores ambientais, necessários para entender como os impactos ambientais agem associados a estes fatores.

Os estudos da primeira etapa conceituou e diferenciou aspectos de impactos, pois um erro de conceito pode influenciar negativamente a valoração dos impactos.

A aplicação dos conceitos em um caso real, percebeu-se a necessidade de se fazer o levantamento de campo, estudo e caracterização do caso em questão, que é a antiga indústria RECOBEM.

A terceira etapa consistiu no prognóstico ou avaliação inicial dos impactos ambientais para posterior estudo da avaliação do impacto de forma qualitativa e quantitativa.

Entre as metodologias de avaliação do Impacto ambiental, maior atenção foi dada à proposta por Pastakia, em virtude de ser o método mais representativo para o estudo de caso proposto, por se tratar de avaliação qualitativa. Propostas de alteração no método de Pastakia foram estudadas e comprovado a eficácia das alterações.

A quarta etapa do estudo se baseou na conceituação dos métodos de valoração propriamente dita, que foram divididos em métodos diretos e indiretos, os quais diferenciam-se entre si, basicamente na disposição ou não das pessoas, em pagar pelo dano ambiental ocorrido.

Foram apresentados diversos modelos de métodos de valoração diretos e indiretos, porém os métodos mais discutidos, devido as suas características para o estudo de caso proposto foram: Custos Ambientais Totais Esperados (CATE); Método de Valor da Compensação Ambiental (VCP); Método da Análise do Habitat Equivalente (AHE) e o Método do Departamento de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN)

A ultima etapa foram aplicados estes quatro métodos em um estudo de caso da empresa RECOBEM, ocorrido em 1995, no município de São José dos Pinhais no estado do Paraná, que após decretar a falência deixou um passivo ambiental em suas instalações. O caso em estudo é considerado como crime ambiental, porém nos estudos trataremos genericamente com acidente ambiental.

Os resultados da aplicação dos métodos foram tratados estatisticamente e comparados entre si, determinando o método de valoração que apresenta o melhor desempenho.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar quatro metodologias de valoração econômica de danos ambientais a partir de um estudo de caso.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever as características ambientais da área de interesse do estudo;
- Identificar e classificar os impactos ambientais do estudo de caso;
- Determinar os principais contaminantes presentes no solo;
- Identificar as técnicas de recuperação de solo contaminado e os custos;
- Identificar as técnicas de recuperação de água subterrânea contaminada e os custos de implementação das mesmas;
- Definir a metodologia de avaliação de impactos ambientais a ser utilizada na investigação do estudo de caso;
- Definir as metodologias de valoração econômica de danos ambientais a serem empregadas na análise do estudo de caso;
- Aplicar os modelos de valoração econômica de danos ambientais;
- Comparar os resultados fornecidos pelos métodos de valoração de danos;
- Determinar a partir dos resultados o método de valoração que apresenta o melhor desempenho no caso investigado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Objetivando maior compreensão quanto à temática proposta, este capítulo contempla um conjunto de conceitos e ideias oriundas de diferentes fontes que juntas proporcionam atualização quanto às questões essenciais para a avaliação e classificação dos modelos (métodos) de valoração econômica de danos ambientais, com vistas à análise e discussão dos resultados.

### 2.1 ESTRUTURA DO SISTEMA AMBIENTAL

De forma geral, Orea (2002, p. 37) conceituou o meio ambiente como um sistema constituído de elementos físicos, biológicos, econômicos, sociais, culturais e estéticos que interagem entre si e com a comunidade onde vive, sendo que, a partir desta interação, determina-se a forma, o caráter, o comportamento, a sobrevivência e o equilíbrio entre os elementos. Este conceito inclui o homem como parte integrante dos diversos elementos que compõem o meio ambiente em interatividade intrínseca.

Branco (2010, p. 217), discorrendo sobre o conflito conceitual nos estudos sobre meio ambiente, especificamente sobre a relação homem natureza, explicou que esta relação pode ser compreendida a partir de três perspectivas ideológicas, ou seja, como “simples complementariedade”, como “estreita dependência” ou ainda como “domínio absoluto”.

Orea (2002, p. 291) explicou que a primeira fase de um projeto de impacto ambiental consiste na identificação dos impactos, e seu desenvolvimento está condicionado a uma série de tarefas como: conhecer o projeto e suas alternativas; conhecer o meio em que o projeto será aplicado, decidir qual o entorno e determinar a partir disto as interações entre os sistemas envolvidos. Da mesma forma para se valorar os impactos ambientais de um acidente podemos nos utilizar destas premissas.

Afim de uma maior compreensão quanto à conceituação de impacto ambiental, fez-se necessário um estudo pormenorizado quanto aos subsistemas, componentes e fatores ambientais. Desta forma, para este estudo, considerou-se o exposto por Kaskantzis (2010) e Orea (2002) que sugeriram a classificação das características do sistema ambiente através de uma árvore de níveis hierárquicos, e a partir desta estrutura obtém-se um cenário amplo de como é dividido o entorno ou ambiente, possibilitando, com isto, analisar de modo adequado os impactos ambientais.

Na figura 1 a seguir, está apresentado o exemplo da árvore de fatores ambientais e nos subitens a seguir, detalhado cada subsistema do entorno.

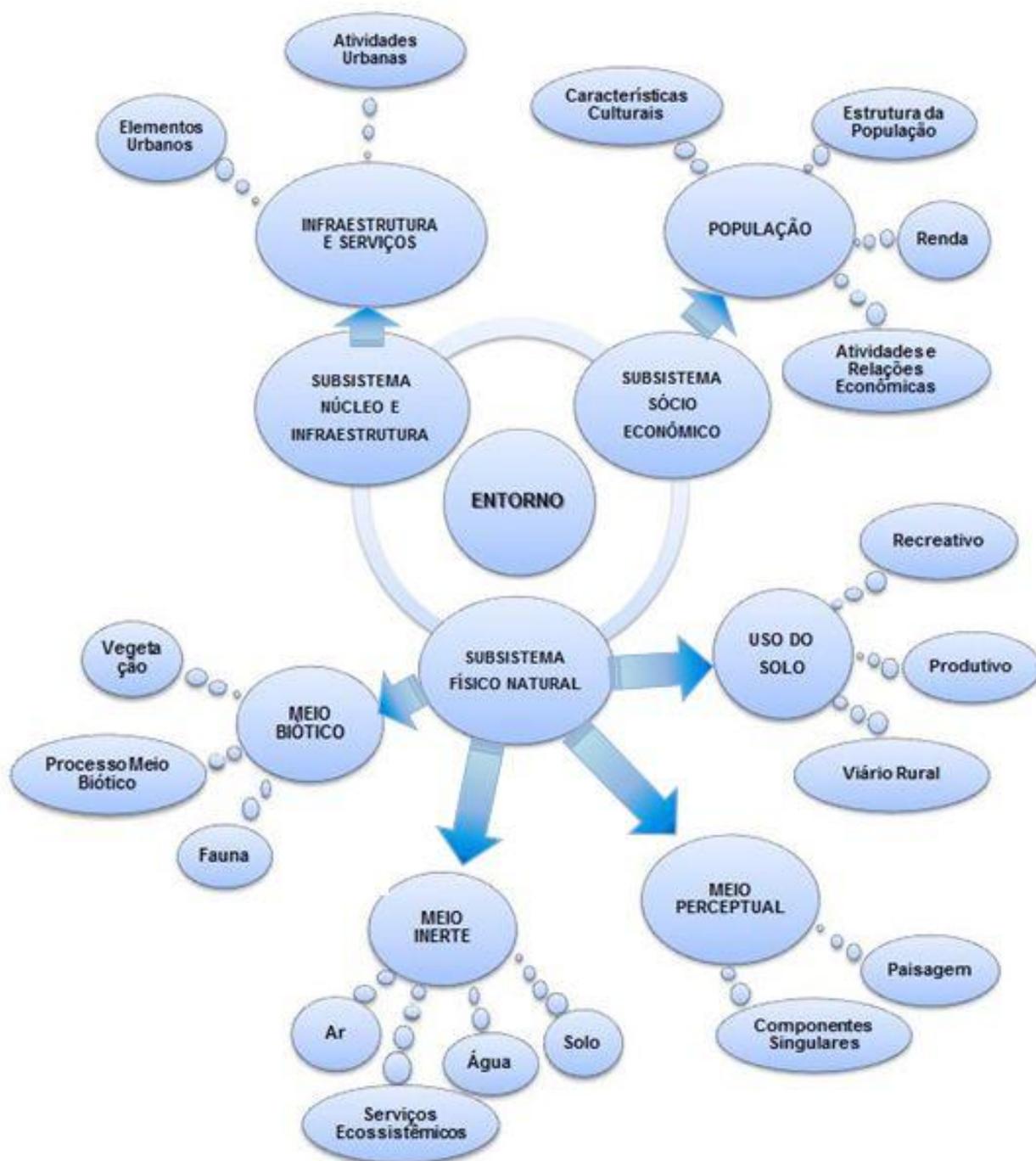


FIGURA 1 - ÁRVORE DE FATORES  
 FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002 p. 309)

Conforme pode ser observado, a estrutura da árvore de fatores parte de um entorno ou ambiente, que por sua vez, é dividido em subsistemas e fatores ambientais.

Explicando sobre a árvore de fatores, Kaskantzis (2010) comentou que dependendo da metodologia empregada na avaliação dos impactos, o número de

subsistemas pode variar, e que os mais utilizados são o físico-natural; socioeconômico e infraestrutura.

O conceito de avaliação do impacto ambiental com base no entorno ou ambiente, conforme proposto por Kaskantzis (2010) pode ser compreendido a partir de um conceito de meio ambiente totalizador, conforme o proposto por Pereira e Scardua (2008):

Embora possamos falar em meio ambiente marinho, terrestre, urbano etc., essas facetas são partes de um todo sistematicamente organizado onde as partes, reciprocamente, dependem uma das outras e onde o todo é sempre comprometido cada vez que uma parte é agredida. Desse modo, a poluição do ar desarticula a biosfera; o uso de agrotóxicos na agricultura atinge as cidades; a exploração desordenada das madeiras amazônicas atinge dimensões climáticas, econômicas, demográficas, de fauna e flora.”

Também se faz necessário perceber o ambiente como “um sistema complexo e dinâmico de relações e interferências recíprocas, que só pode ser analisado sob uma ótica totalizante, que considera os aspectos naturais, sociais, econômicos, culturais, éticos, políticos e jurídicos” (PEREIRA; SCARDURA, 2008).

### 2.1.1 Subsistemas Ambientais

Para determinar um subsistema ambiental, primeiramente é necessário definir e delimitar o entorno. Orea (2002, p. 303) explicou que “entorno” é a parte do meio ambiente que interage com o projeto em termos de matérias primas (recursos naturais, trabalho, energia e outros.) e receptor de efluentes através dos vetores ambientais ar, água e solo, bem como, bens materiais e imateriais do patrimônio histórico e cultural.

Desta forma, só é possível segmentar o entorno ou ambiente em subsistemas, adotando um conceito abrangente onde “toda natureza original e artificial, bem como os bens culturais correlatos. Compreendendo, portanto, o solo, a água, o ar, a flora, as belezas naturais o patrimônio histórico, artístico, turístico, paisagístico e arqueológico” (PEREIRA; SCANDUA, 2008).

Com base na figura 2, é possível observar que na proposta de Orea (2002, p.309) o entorno está dividido em três subsistemas:

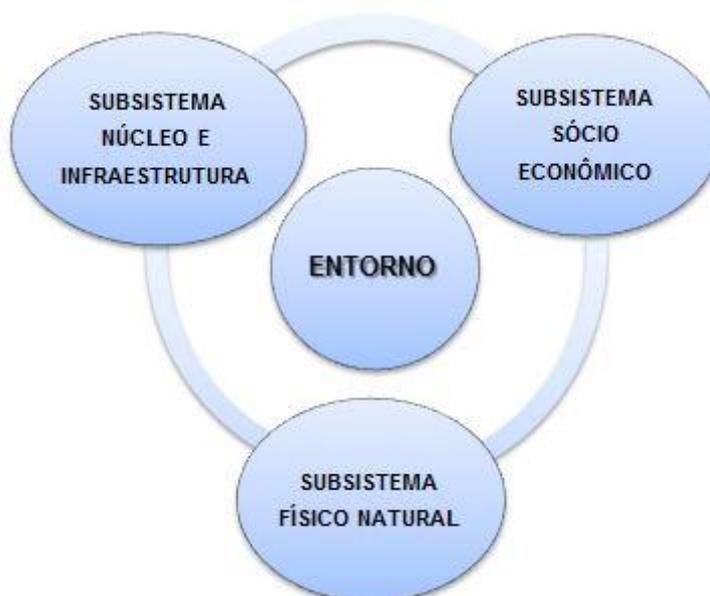


FIGURA 2 - ENTORNO E OS SUBSISTEMAS  
FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

A divisão do entorno em subsistemas, é uma forma de classificar os recursos naturais para uma melhor compreensão, pois existe uma grande variedade de recursos naturais.

### 2.1.2 Componentes Ambientais

Os componentes ambientais são resultados da divisão dos subsistemas. Para que seja possível compreender esta divisão, na figura 3 a seguir temos uma parte da árvore de fatores proposta por Orea (2002, p.309):



FIGURA 3 - SUBSISTEMAS E COMPONENTES AMBIENTAIS  
 FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

De uma forma geral, os recursos físicos são resultantes de ciclos naturais do planeta que duram milhões de anos. A classificação dos recursos naturais se faz necessário a utilização do critério tempo, tendo como referência o tempo humano. Desta forma, podem ser classificados como “renováveis e reprodutíveis”, “não renováveis ou exauríveis” e “esgotáveis ou não-produtíveis” (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2003, p.34).

Os impactos e danos ambientais de uma forma geral são identificados a partir dos seis componentes apresentados na árvore de fatores: meio inerte, meio biótico, meio perceptual, uso do solo, população e infraestrutura e serviços. A partir destes componentes são analisados seus fatores relacionados.

### 2.1.3 Fatores Ambientais

Os recursos naturais segundo Orea (2002, p. 46) referem-se a elementos do ambiente, a partir de duas concepções “utilidade e escassez”. Neste sentido, entende-se que o conceito de escassez está ligado a análises quantitativas, e

o conceito de utilidade ao benefício material, ou seja, monetária e física. Desta forma, são elementos materiais ou tangíveis: o solo, a água, os vegetais, os animais, os minerais e todos os elementos que estão sujeitos à propriedade privada ou transações comerciais. Os fatores intangíveis, não tem, valor de mercado, são os elementos como o esplendor da natureza o mistério do bosque e outros.

Orea (2002, p. 47) explica ainda que alguns atributos e funções dos fatores ambientais tem adquirido a condição de recurso e ainda não tem mercado, como por exemplo a biodiversidade, o ar puro, a função de suporte do solo e outros.

### 2.1.3.1 Meio Inerte

Na figura 4 a seguir é possível observar a subdivisão do subsistema, em componentes e fatores. Neste caso, é apresentado o componente, meio inerte, ou matérias/ tangíveis:

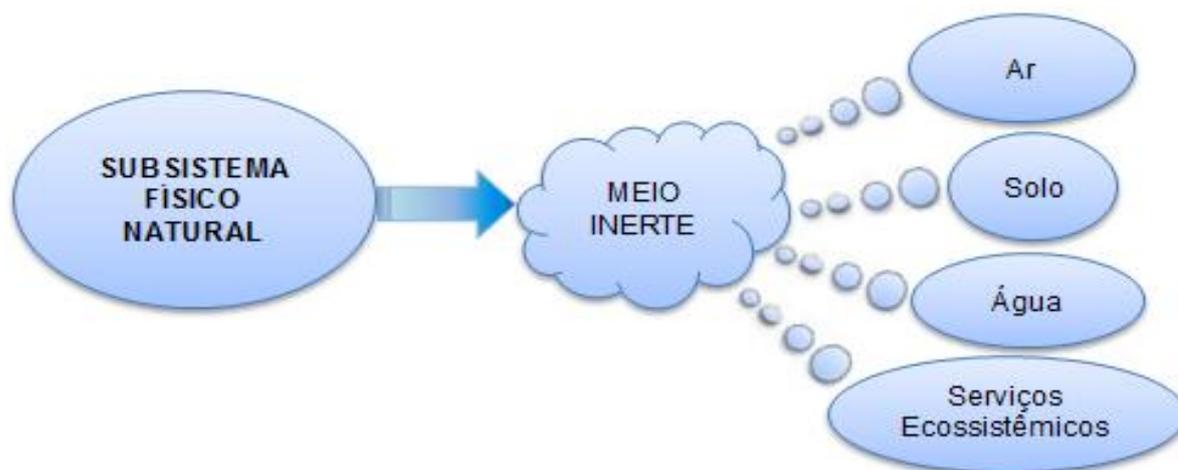


FIGURA 4 - FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE MEIO INERTE  
FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

Barrantes (2010, p.7) apresenta uma classificação dos recursos naturais que possibilita identificar de onde provêm naturalmente os fluxos de matérias primas, produtos e serviços que são aproveitados pela sociedade nas atividades de desenvolvimento e qualidade de vida.

O recurso natural “ar”, segundo Barrantes (2010, p.10), é um elemento atmosférico, e pode ser caracterizado pela combinação de vários gases que constituem a atmosfera terrestre como o nitrogênio, oxigênio, e outros com menor percentual como é o caso do dióxido de carbono e o gás hélio.

Os principais elementos que poluem o ar são o óxido de enxofre; o óxido de nitrogênio e o óxido de carbono, que basicamente são resultados do novo modelo industrial, dependente da queima de combustíveis fósseis.

O segundo fator do componente meio inerte é o solo, que compreende o relevo e a topografia, e as classes agrológicas. Ainda Barrantes (2010, p. 8) o solo é o material que reveste a camada superficial terrestre, sendo o local onde se desenvolvem micro-organismos e a vegetação do planeta. No solo são encontrados predominantemente os compostos inorgânicos. Há muita riqueza natural no solo, em um quilo existe um bilhão de bactérias, além de microflora, fungos, protozoários e algas, e pequenos animais como minhocas, e insetos, vivendo todos em interação.

May, Lustosa e Vinha (2003, p. 106) explicam que “o solo é um recurso natural de difícil classificação”, pois, “o solo possui determinadas características que podem ser permanentemente comprometidas como consequência de seu mau uso, tais como a perda de fertilidade devido à erosão ou exaustão por cultivo contínuo”.

O fator água é classificado por Orea (2002, p.309) a partir de 2 fatores: quantidade e qualidade, e Barrantes (2010, p.8) por:

- a) Águas superficiais: normalmente interligadas com as águas freáticas. Por exemplo, rios, lagos e lagoas;
- b) Águas subterrâneas: considera-se nesta classificação os aquíferos que interagem com as águas superficiais;
- c) Águas marinhas: responsável pela maior cobertura da superfície terrestre, composto por lagos, canais, baía, mar e outros.

O quarto fator do componente meio inerte refere-se aos “Serviços Ecosistêmicos”. Nesta classificação encontram-se os elementos referentes à dinâmica das construções, drenagem superficial e subterrânea, estabilidade de taludes, a erosão e decomposição.

### 2.1.3.2 Meio Biótico

Na figura 5, é possível observar a subdivisão do componente meio biótico, parte do subsistema físico natural.

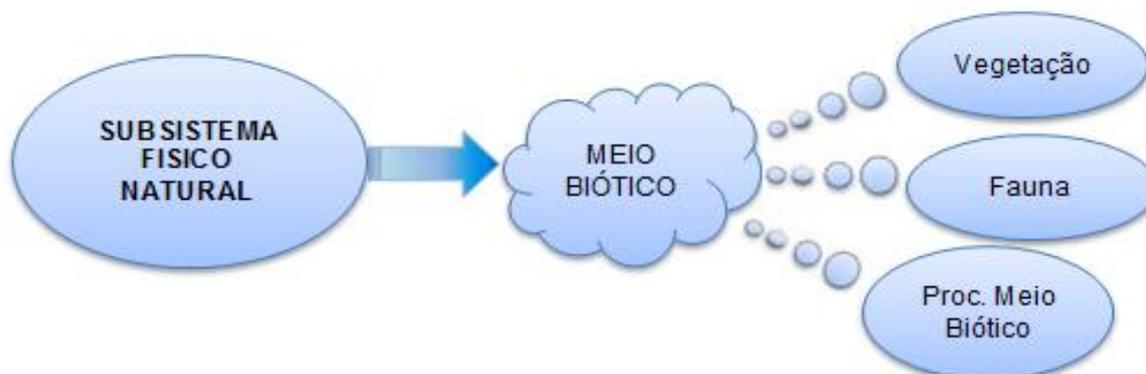


FIGURA 5 - FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE MEIO BIÓTICO  
 FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

Conforme pode ser observado no meio biótico são considerados a flora, fauna e os processos do meio biótico (ecossistema).

Barrantes (2010, p.10) define o fator vegetação (flora) como os organismos com clorofila e com capacidade de fotossíntese, e se dividem em vasculares e avasculares.

Orea (2002, p. 375) ao discorrer quanto ao meio biótico explica que a vegetação ou flora, consiste no “conjunto de espécies vegetais e sua organização em comunidades, e podem ser classificadas, em vegetação de alto, baixo e médio valor, conforme pode ser observado abaixo:

- a) Espécies vegetais protegidas: espécies vegetais sujeitas a normas e leis de proteção;
- b) Espécies vegetais de alto valor: espécies diferenciadas como medicinais, por exemplo;
- c) Espécies de médio valor: representam as espécies de menor valor que as anteriores;
- d) Espécies vegetais de baixo valor: espécies vegetais banais;
- e) Pastagens: herbáceas que servem para alimentação de gado;
- f) Cultivos: produção de espécies vegetais para uso na ciência e tecnologia;

- g) Exemplos catalogados: exemplares incluídos em catálogos de preservação ambiental, com base em idade e importância cultural;

O segundo fator correspondente ao meio biótico são dos animais vertebrados e invertebrados. Neste sentido, os invertebrados correspondem aos artrópodes que compõem o maior filo de animais existentes (insetos, aracnídeos, crustáceos, quilópodes e diplópodes) e os vertebrados que se distinguem em cinco grupos: peixes, anfíbios, répteis, mamíferos e aves.

Orea (2002, p. 376) classifica a fauna da seguinte forma:

- a) Espécies protegidas: espécies incluídas em leis de proteção;
- b) População em geral: resto das comunidades de animais silvestres;
- c) Corredores: região específica de animais;
- d) Rota migratória: áreas de concentração, descanso ou destino de um grande número de espécies migratórias (geralmente aves);
- e) Habitat natural – animais silvestres: diferentes habitats de espécies da fauna

O terceiro fator do meio biótico engloba os processos do meio biótico, sendo relacionados aos ciclos, modos e comportamento da flora e da fauna. Segundo Orea (2002, p. 376), fazem parte deste grupo a cadeia alimentar, os ciclos de reprodução, migração e comportamento.

### 2.1.3.3 Meio Perceptual

O meio perceptual é a terceira subdivisão do subsistema, e corresponde aos aspectos paisagísticos. Na figura 6 é possível observar o esquema de divisão:

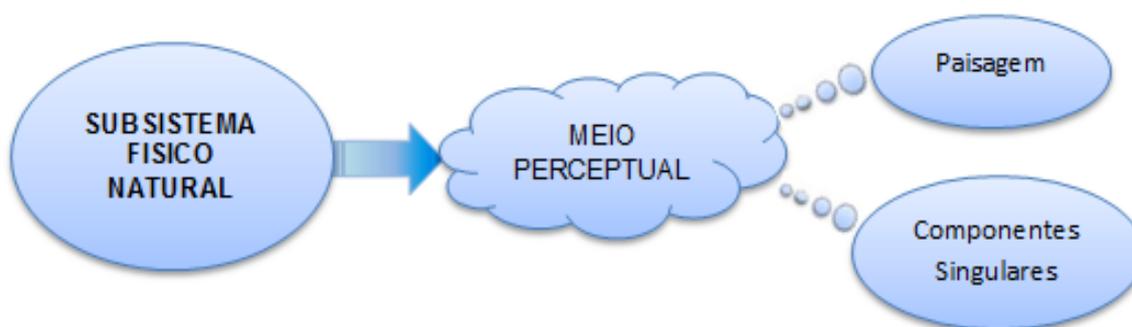


FIGURA 6 - FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE MEIO PERCEPTUAL  
 FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

Orea (2002, p. 376) conceituou o meio perceptual correspondente à expressão externa e perceptiva do meio. Segundo o autor, o meio perceptual se caracteriza a partir de paisagem intrínseca, inter visibilidade; recursos científicos e culturais e os componentes singulares da paisagem.

#### 2.1.3.4 Uso do Solo

O quarto e último componente do subsistema físico-natural refere-se à classificação do uso do solo. Neste componente são identificadas as principais formas de uso e aproveitamento do solo. Desta forma, Orea (2002, p. 377), classifica o uso do solo a partir da seguinte forma:



FIGURA 7 - FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE USO DO SOLO  
 FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

No fator de uso recreativo, encontram-se as categorias ligadas ao ócio e ao tempo livre, como, por exemplo, algumas práticas de caça e de pesca esportiva, esportes aquáticos, áreas concentradas para passeios e *picnic*, acampamento, mirantes turísticos, e áreas para caminhada.

No fator Produtivo, incluem-se as atividades de uso do solo para a produção primária incluindo a mineração. Neste sentido, no fator produtivo temos o uso agrícola, pastagem, uso florestal, extração. No uso do solo, também se consideram as áreas de proteção ambiental que são determinadas por lei.

O fator viário rural corresponde às estradas pecuárias, estradas tradicionais, caminhos e atalhos, considerados como patrimônio público.

### 2.1.3.5 População

Na figura 8 a seguir, pode-se observar o Componente População desde a divisão do entorno (subsistema) até os fatores inerentes:

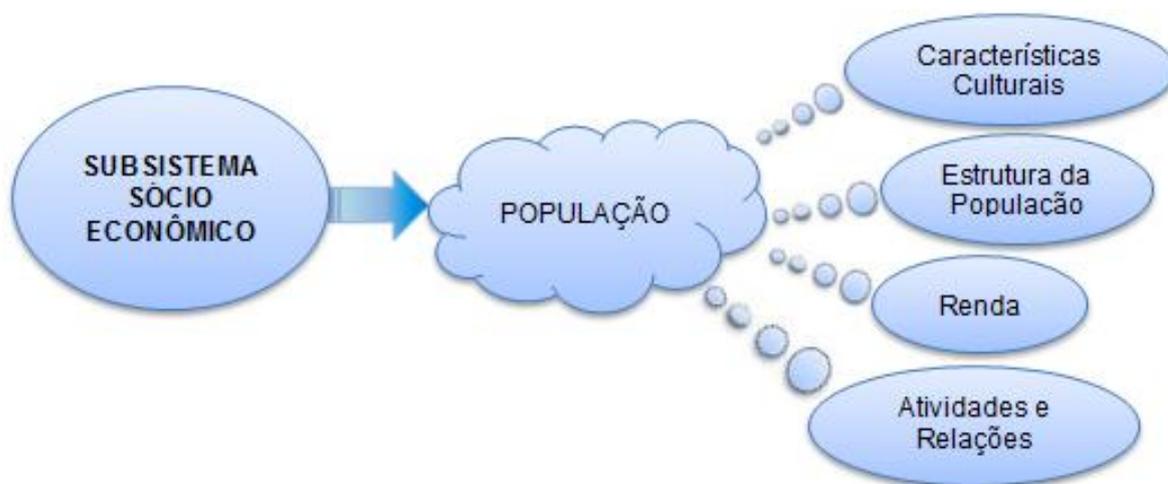


FIGURA 8 - FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE POPULAÇÃO  
 FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

O primeiro fator refere-se às características culturais, que está ligada ao estilo de vida e ao comportamento da população. Neste sentido, subdivide-se em: estilo de vida (comportamento e valores sociais); interações sociais; aceitabilidade do projeto social; saúde e segurança; tradições e estrutura da propriedade.

A estrutura populacional é classificada a partir de elementos como: movimentos migratórios; movimentos emigratórios; estrutura populacional; equilíbrio entre os sexos; equilíbrio entre as faixas etárias; população ocupada por ramo de atividade; emprego e população ocupada segundo a situação profissional.

O terceiro fator do componente “População” refere-se à renda, que corresponde à renda per capita, distribuição de renda, valor do solo, indenizações, e política fiscal.

A economia é o último fator do componente “População”, proposto por Orea (2002, p. 379) que classifica os seguintes elementos: finanças e setor público (indenizações e pressão fiscal); atividades econômicas afetadas; atividades econômicas induzidas; área de mercado; nível de controle por parte da população autônoma (capacidade da população de influenciar na estrutura das atividades econômicas).

### 2.1.3.6 Infraestrutura e Serviços

Por fim, é apresentado o último componente, que se refere ao subsistema núcleos e infraestrutura. Na figura 9 a seguir, é possível perceber a dinâmica da subdivisão do componente infraestrutura e serviços:

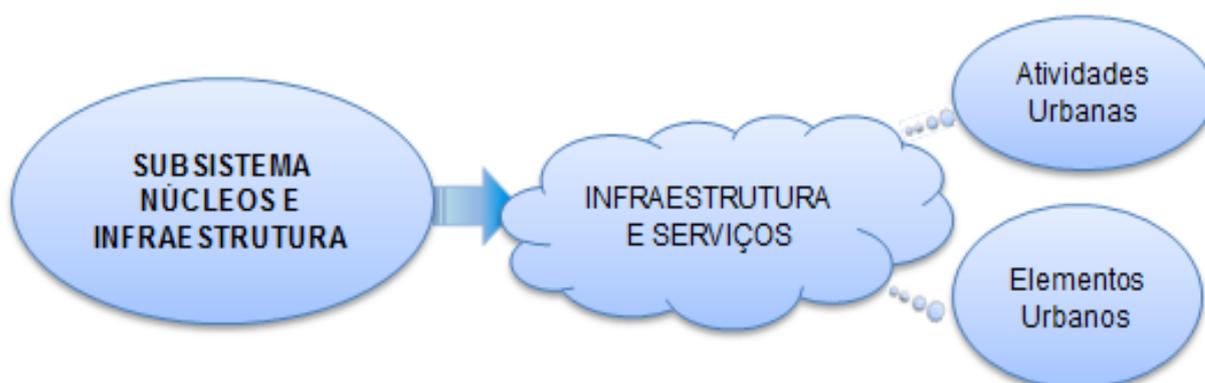


FIGURA 9 - FATORES AMBIENTAIS – COMPONENTE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS  
FONTE: ADAPTADO DE OREA (2002, p.309)

Orea (2002, p. 380) explica que no componente Infraestrutura e serviços estão os aspectos das infraestruturas de comunicação, transporte, água, energia e outros, que incidem diretamente na qualidade ambiental. Desta forma, compreende-se:

- a) Infraestrutura viária: densidade, acessibilidade, riscos de acidentes, estradas rurais e rede ferroviária;
- b) Infraestrutura não viária: hidráulica, saneamento e depuração, infraestrutura energética, infraestrutura de comunicação não viária, aeroportos e anexos;
- c) Equipamentos e serviços: equipamentos desportivos; equipamentos turísticos; serviços oficiais; transporte público; comunicação; habitação; equipamentos médicos; equipamentos comerciais; educação e equipamentos para práticas religiosas.

## 2.2 PROGNÓSTICO DO IMPACTO AMBIENTAL

Valorar o impacto ambiental requer uma visualização sistemática e holística do meio ambiente. Neste contexto, compreender ou identificar quais as alterações humanas que afetam ou alteram as propriedades do meio ambiente é fundamental para que a análise do impacto ambiental seja satisfatória, reconhecendo os reais impactos a partir da análise dos componentes e fatores estudados no capítulo anterior.

A Resolução CONAMA nº 01/86 conceitua o impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas”. Além disto, considera que entre as atividades humanas que afetam direta ou indiretamente o meio ambiente consideram: a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e) a qualidade dos recursos ambientais.

O estudo de impacto ambiental que se trata na resolução citada acima é uma ferramenta necessária para o licenciamento ambiental de atividades que são submetidas à aprovação de órgãos competentes, e que não é objeto deste estudo. Diferentemente, neste presente trabalho vamos nos utilizar destes conceitos e premissas para a aplicação em atividades onde ocorreu o impacto ambiental por acidente ou inerente à atividade.

A norma ABNT NBR 14653-6 (2009, p.01) traz uma definição de impacto ambiental parecido com a definição do CONAMA, porém mais completa e atual, definindo Impacto Ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

### 2.2.1 Aspectos e Impactos

A Norma Brasileira NBR ISO 14001:2004 conceitua aspecto ambiental compreendido como “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente, sendo significativo quanto tem ou pode ter um impacto ambiental significativo”. Ainda segundo a norma impacto ambiental é conceituado como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos, ou serviços de uma organização”.

Nesse contexto é preciso compreender quais são os aspectos ambientais associados a estes seus impactos ambientais, sabendo diferenciar os aspectos de impactos nos casos em estudo.

Os aspectos ambientais podem ser significativos ou não de acordo com a NBR ISO 14001:2004. Aos aspectos ambientais significativos aplicam-se os aspectos que possam influenciar de alguma forma o meio ambiente de forma negativa e que tem associado ou pode se associar a um impacto ambiental significativo. Nem todo aspecto ambiental necessariamente tem associado um impacto ambiental negativo.

Em um acidente ambiental é necessário identificar o impacto ambiental, mas segundo Kaskantzis, alguns autores e peritos judiciais confundem os impactos ambientais com os aspectos ambientais de forma errônea, levando a um erro não só de conceito, mas também influenciando no resultado final da valoração dos impactos. Desta forma, é necessário identificar primeiramente os aspectos ambientais para uma melhor avaliação dos impactos associados.

A NBR 14004 (1996, p.11) apresenta quatro etapas que podem auxiliar na identificação de aspectos ambientais e avaliação dos impactos ambientais associados:

- 1) Seleção de uma atividade, produto ou serviço;
- 2) Identificação de aspectos ambientais da atividade, produto ou serviço;
- 3) Identificação de impactos ambientais;
- 4) Avaliação da importância dos impactos.

As três primeiras etapas do processo de identificação de aspectos ambientais e avaliação dos impactos podem ser mais bem visualizada no quadro 1 a seguir, que exemplifica também a diferença entre aspecto e impacto:

<b>Atividade, produto ou serviço</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>
Atividade – Manuseio de materiais perigosos	Possibilidade de derrame acidental	Contaminação do solo ou da água
Produto – Refino de produto	Reformulação do produto para reduzir seu volume	Conservação de recursos naturais
Serviço – Manutenção de veículos	Emissões de escapamento	Redução de emissões para atmosfera.

QUADRO 1 - EXEMPLO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS  
Fonte: NBR 14004 (1996, p.12)

É importante observar o caráter “causa e efeito” entre os elementos que compõem o processo de identificação de aspectos e impactos ambientais.

### 2.2.2 Identificação de Aspectos Ambientais

A NBR ISO 14001 (2004, p. 5) estabelece que toda organização deve implementar e manter procedimentos que possibilitem identificar os aspectos ambientais ligados a sua atividade, produto ou serviço. Além disso, determinar os aspectos ambientais significativos, documentando e atualizando tais informações. Assim, considera-se a importância da identificação dos aspectos ambientais para as medidas de prevenção quanto aos impactos que possam estar relacionados. Da mesma forma, para os acidentes ou qualquer alteração ambiental que se está estudando há esta necessidade da identificação dos diversos aspectos ambientais, que subsidiará o levantamento dos impactos relacionados.

Sánchez (2008, p.33) exemplificou que a emissão de um poluente não é um impacto ambiental, mas sim aspecto ambiental, sendo o impacto a alteração da qualidade ambiental que resulta dessa emissão. Sánchez (2008) explicou ainda que uma mesma ação pode levar a diversos aspectos ambientais, conseqüentemente, causar vários impactos ambientais, e que, um impacto ambiental pode ter várias causas, ou seja, ser proveniente de diversos aspectos.

Ainda a NBR ISO 14001 cita como exemplo uma abordagem para identificação de aspectos ambientais, considerando:

- a) emissões atmosféricas,
- b) lançamentos em corpos d'água,
- c) lançamentos no solo,
- d) uso de matérias primas e recursos naturais,
- e) uso da energia,
- f) energia emitida, por exemplo, calor, radiação, vibração,
- g) resíduos e subprodutos,
- h) atributos físicos, por exemplo, tamanho, forma, cor, aparência.

### 2.2.3 Identificação do Impacto Ambiental

Identificar um impacto ambiental implica em conhecer e interpretar seus termos, pois, somente a partir do diagnóstico será possível aplicar a metodologia adequada, com o mínimo de erro, sendo que, a melhor maneira, sugerida por Orea (2002, p.201), seria a elaboração de diagramas onde possam ser analisados os aspectos mais significativos. No quadro 3, a seguir, podem ser observados os elementos mais importantes do diagnóstico ou identificação do Impacto ambiental:

<b>Elementos</b>	<b>Descrição</b>
Manifestação	Também pode ser considerado como o sintoma do impacto, podem ser simples e de fácil identificação ou só identificável a partir de análises técnicas.
Causas ou cadeias das causas	São impactos que ocorrem em virtude da má administração por parte dos responsáveis que ocasionaram o dano.
Efeitos ou cadeia de efeitos	Impacto na comunidade, onde se pode perceber a ocorrência de uma ou mais cadeia de efeitos.
Agentes	Implica tanto na causa quanto no efeito. Os agentes são pessoas físicas ou jurídicas que estão sujeitas ao impacto.
Localização	Identificação do local onde existem as causas do impacto e onde se manifesta os efeitos.
Gravidade	Pode ser positiva ou negativa.
Evolução	Tempo para sua solução (de agravamento).
Sensibilidade	Sensibilidade da População em intervir.
Percepção	Percepção da População em pressionar e participar na solução do problema.
Relação com outros impactos	Pode ser direta ou indireta, e inclui os possíveis efeitos de sinergia.
Possibilidade de Intervenção	Intervenção sobre causas, efeitos manifestações, agentes, população.
Oportunidade de Intervenção	Quando a situação não está madura, e a intervenção pode originar outros problemas piores que o que se deseja resolver.
Urgência ou Prioridade	Com que se deve intervir.
Responsabilidade	Nível de responsabilidade mais adequado para intervir.
Objetivos a Cumprir	Podem ser Preventivos ou Corretivos, observando a melhora contínua.

QUADRO 2 - ELEMENTOS DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL  
 FONTE: ADAPTAÇÃO OREA (2002, p.201)

Segundo a Resolução CONAMA N° 01/86 para os estudos de impacto ambiental, é realizado o diagnóstico ambiental da área de influência do meio físico, biológico e socioeconômico. Além disso, pede a realização de análise dos impactos através da sua identificação, análise da magnitude e análise da importância.

Orea (2002, p. 169) conceituou que o Impacto Ambiental tem origem a partir da ação do homem e se manifesta segundo três situações:

- a) Modificação de algum dos fatores ambientais do sistema ambiental;
- b) Modificação do valor do fator alterado ou do conjunto de sistema ambiental;
- c) Interpretação ou significado ambiental de tais modificações para a saúde e bem estar humano.

A avaliação do impacto ambiental, segundo La Rovere (2001) ocorre a partir de três fases:

- 1) Identificação: caracteriza-se pela delimitação espaço-temporal dos impactos, exigindo análise das interações do entorno.
- 2) Predição: utiliza-se de cinco métodos: estudo de caso; modelos conceituais ou quantitativos; bioensaios; estudo de perturbações no campo; considerações teóricas.
- 3) Avaliação: identificação dos impactos em potencial e determinação de impactos significativos.

La Rovere (2001) explicou que na identificação dos impactos existe uma grande dificuldade referente à delimitação espaço-temporal dos impactos, sendo necessária ampla análise de todas as possíveis interações, além da dificuldade em estabelecer um padrão para a mensuração. Outra questão é que na predição ocorre uma limitação instrumental, em virtude do comportamento dos ecossistemas serem complexos.

### 2.2.3.1 Indicadores do Impacto Ambiental

Os impactos ambientais são medidos por os indicadores ambientais, que são uma “expressão mensurável de um impacto ambiental” e “deve ser capaz de representar numericamente aquilo que se pretende valorar”.

Os indicadores de impacto ambiental são expressões que indicam a presença ou ausência de boas condições ecológicas, de saúde e sociais e podem ser considerados como instrumento para o seu monitoramento, ou ferramenta de acompanhamento do meio ambiente com base em uma referência. Os principais indicadores são:

- a) Indicadores do meio ambiente natural: ar, água, solo, flora e fauna;
- b) Indicadores do desenvolvimento sustentável: medem a velocidade das atividades humanas pressionam os recursos naturais;
- c) Indicadores do impacto na saúde humana: medem os impactos da qualidade ambiental no bem estar humano, monitora os níveis de saúde física, relaxamento, segurança, ruídos e educação ambiental.

Os indicadores ambientais por sua vez se classificam em três categorias:

- Indicadores de pressão: avaliam a pressão exercida pelas atividades humanas sobre o meio ambiente;
- Indicadores de estado: descreve a situação ambiental;
- Indicadores de resposta: avaliam os esforços para resolver um problema ambiental;

Orea (2002, p. 523) sugeriu uma tabela com os fatores relacionados a determinado impacto, que pode ser utilizado como um inventário para que seja possível elaborar indicadores adequados ao projeto em estudo. A seguir serão apresentados no quadro 3, alguns indicadores e fatores ambientais:

Fatores e Subfatores	Indicadores
111. Ar – Qualidade do ar em termos de ausência ou presença de poluentes	Índice de qualidade do ar: IQA Índice ORAQI (Oack Ridge Air Quality Index) Índice de caracterização de tratamento (ICT)
1113 Nível de óxidos de Enxofre. Concentração deste poluente medida na forma legalmente estabelecida	Média diária do nível de Emissão de SO <sub>2</sub> ; Peso do nível diário de emissão de SO <sub>2</sub> de acordo com uma região específica; Peso do nível diário de emissão de SO <sub>2</sub> segundo a população afetada em uma região específica; Porcentagem de pessoas afetadas pelos níveis prejudiciais de SO <sub>2</sub> .
1114. Nível de Hidrocarbonetos. Concentração deste poluente medida na forma legalmente estabelecida	Concentração de Hidrocarbonetos medidos durante 3 horas.
1119. Qualidade Perceptível do ar. Percepção da contaminação do ar por todos os sentidos;	Qualidade perceptível do ar segundo seu cheiro e visibilidade.
11110. Poeira, Fumaça, partículas em suspensão no ar.	Nível diário da concentração de pó e partículas em suspensão; Peso do nível diário de concentração de pó e partículas em suspensão de acordo com uma região específica; Peso do nível diário da concentração de pó e partículas em suspensão, segundo a população afetada em uma região específica; Porcentagem de pessoas afetadas pelos níveis prejudiciais de pó e partículas em suspensão; Deposição de pó por unidade de superfície.
1131. Relevo e Topografia	Porcentagem da superfície alterada; Coeficiente médio de interesse do fator topográfico, ponderado segundo a superfície de zonas homogêneas; Coeficiente médio de interesse do fator topográfico em relação a situação sem projeto.
1134. Contaminação do Solo e Subsolo	Condutividade do extrato de saturação do solo; Porcentagem de variação da salinidade com relação ao natural; Proporção ou quantidade relativa de sódio intercambiável; Nitrogênio no solo; Índice de contaminação do solo por praguicidas e pesticidas; Índice de caracterização de tratamento.
1135. Classes do solo. Unidades homogêneas de solo obtidas mediante alguns dos procedimentos homologados	Superfície total afetada; Superfície afetada de cada classe de solo ponderada por sua qualidade.
121. Vegetação	Média ponderada do valor de conservação das distintas unidades de vegetação; Valor relativo de conservação, ponderado segundo as diferentes unidades de vegetação; Porcentagem de variação do valor de conservação das diferentes unidades de vegetação.
3121. Infraestrutura Hidráulica. (abastecimento). Elementos para abastecimento de água para a população e atividades.	Dotação por pessoa ponderada ou não pela qualidade ou nível de serviço.

QUADRO 3 - INDICADORES AMBIENTAIS

FONTE: OREA (2002, p. 523-533).

Sánchez (2008, p.261) definiu indicadores ambientais como parâmetros representativos de processos ambientais ou do estado do meio ambiente, sendo sua situação em um dado momento, local ou região.

Já a NBR ISO 14031 (2004, p.2) traz duas categorias gerais de indicadores para a avaliação de desempenho ambiental, sendo:

- Indicadores de desempenho ambiental (IDA): fornece informações sobre o desempenho ambiental da organização;
- Indicador de condição ambiental (ICA): fornece informações sobre as condições locais, nacionais ou globais do meio ambiente;

Os indicadores de desempenho ambiental (IDA) são classificados em dois tipos:

- Indicadores de desempenho gerencial (IDG): informações sobre os esforços gerenciais para influenciar o desempenho ambiental;
- Indicadores de desempenho operacional (IDO): fornece informações sobre o desempenho ambiental das operações de uma organização;

Segundo a mesma norma os indicadores são selecionados como meio de apresentar dados ou informações qualitativos ou quantitativos de uma forma mais compreensível e útil. Indicadores ajudam a converter dados em informações concisas sobre o desempenho ambiental ou sobre a condição do meio ambiente. O número de indicadores selecionados devem ser suficientes, relevantes e compreensíveis e de forma a refletir a natureza e a escala das operações da organização, NBR ISO 14031 (2004, p.9)

No caso de acidentes ambientais podemos nos utilizar destes indicadores que a organização tenha para análise do ocorrido ou levantar indicadores a partir das operações afetadas, utilizando os conceitos expostos. Porém segundo a definição e divisão entre tipos de indicadores da norma exposta, podemos utilizar em análise de danos ambientais já ocorridos somente os indicadores de condição ambiental (ICA), pois estes demonstram as condições do entorno do local em análise.

## 2.2.4 Avaliação de Impacto Ambiental

Sánchez (2008, p.38) explicou que o termo avaliação de impacto ambiental (AIA) entrou na terminologia ambiental a partir de legislação pioneira norte americano que criou este instrumento em 1969, sendo utilizadas de modelo as legislações similares em todo o mundo, inclusive no Brasil, que exige a aplicação deste instrumento em determinadas situações.

A ferramenta avaliação de impacto ambiental é de estudo antecipatório, prévio e preventivo, porém pode ser utilizada como avaliação de impactos de ações ou eventos passados, como no caso de acidentes ambientais (Sánchez, 2008).

No presente estudo considerou-se o termo de avaliação de impacto ambiental para a análise posterior a um evento de ação em que houve a alteração do meio ambiente, ou seja, a avaliação comparativa do passado, antes do evento, com o presente, após o evento. Desta forma a avaliação do impacto ambiental não terá relação alguma com a questão legal do instrumento exigido.

Segundo Sánchez (2008, p. 288), avaliar o impacto ambiental não é uma tarefa fácil, pois, é impossível não emitir juízo de valor na avaliação, trazendo muita subjetividade. Sendo assim, a avaliação deve ser fundamentada em estudos e critérios técnicos.

Segundo a NBR ISO 14004:1996 (p.12), podemos avaliar a importância dos impactos ambientais levando-se em conta as considerações ambientais e as considerações comerciais, sendo elas:

- a) Considerações ambientais: escala do impacto; severidade do impacto; probabilidade de ocorrência; duração do impacto.
- b) Considerações comerciais: potencial exposição legal e regulamentar; dificuldade de alterações do impacto; custo para alteração do impacto; efeito de uma alteração sobre outras atividades e processos; preocupações das partes interessadas; efeitos na imagem pública da organização.

Os critérios para avaliar o impacto ambiental são diversos, segundo cada autor, a cada método apresentado citam critérios diferentes e alguns em comum. A Resolução CONAMA N° 01/86 determina a análise dos impactos ambientais após sua identificação, conforme vimos anteriormente, com a previsão da magnitude e da

importância e dos prováveis impactos relevantes, porém, nesta fase discriminando-os quanto aos critérios: positivos e negativos; diretos e indiretos; imediatos, médio e longo prazo; temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

A avaliação dos impactos ambientais pode ser classificada em dois grupos: avaliação quantitativa e qualitativa. Nesta seção, apresentamos as formas e alguns métodos para avaliação de impactos ambientais.

#### 2.2.4.1 Avaliação Qualitativa do Impacto

As técnicas de avaliação qualitativa se caracterizam por não possuir unidade de medida, para tanto, utilizam-se escalas numéricas e alfanuméricas de valoração, e necessitam de um julgador. Estas técnicas se dividem em:

- a) Critérios objetivos: são obtidos através de estimativas objetivas;
- b) Critérios subjetivos: estimado por peritos que representam os grupos de interesse da população afetada pelo impacto.

Kaskantzis (2010) explica que as técnicas qualitativas são mais complexas, pois, requerem avaliação de grupos de especialistas, e aplicação de escalas numéricas e alfabéticas de valoração para determinar a intensidade dos impactos.

#### 2.2.4.2 Avaliação Quantitativa do Impacto

As técnicas de avaliação quantitativa do impacto ambiental caracterizam-se por possuir uma unidade de medida distinta, que se classifica em duas categorias:

- a) Categoria voltada para a identificação e sintetização dos impactos, como por exemplo, a listagem de controle (*check list*), as matrizes de Interação, os Diagramas de Sistemas, os Métodos Cartográficos, as Redes de Interação e os Métodos *Ad Hoc*.
- b) Categoria mais focada para a avaliação, por exemplo, o método de Battelle e Análise Multicritério, a Folha de Balanço e Matriz de Realização de Objetivos (LA ROVERE, 2001, p.36).

No quadro 4 a seguir é possível observar um descritivo de cada método:

Classificação	Método	Descritivo
Identificação	Listagem de controle ( <i>Chek List</i> )	Relações padronizadas de fatores ambientais (projetos hídricos, autoestradas e outros) podendo incorporar escalas de valoração e ponderação dos fatores.
	Matrizes de Interação	Relacionam ações com fatores ambientais e podem incorporar parâmetros de avaliação.
	Diagramas de Sistemas	Os impactos são medidos em termos de fixação do fluxo de energia (ruídos, fatores estéticos, sociais, culturais e outros) entre os componentes dos ecossistemas – exemplo: efeitos de mísseis no novo México.
	Métodos Cartográficos	São utilizados para determinar aptidões territoriais e elaboração de zoneamentos ambientais através de superposição de mapas de capacidade.
	Redes de Interação	Estabelecem relação causa-condição-efeito permitindo uma melhor identificação do impacto e suas inter-relações indicando ações corretivas e mecanismos de controle.
	Métodos <i>Ad Hoc</i> .	São elaborados para um projeto específico e identifica os impactos através de reflexão sintetizada em tabelas ou matrizes.
Avaliação	Método de Battelle	Pode ser utilizada tanto para um micro quanto para programas de macro empreendimentos e conduz à obtenção de uma valorização e avaliação integrada da importância dos impactos com apresentação de um índice correspondente à avaliação total dos impactos ambientais. Consiste em um método hierarquizado com quatro categorias ambientais desdobradas em 18 componentes que se subdividem em 78 parâmetros e o grau do impacto líquido para cada parâmetro é dada pela expressão: $UIA = UIP \times QA$ , onde UIA = Unidade de Impacto Ambiental; UIP= Unidade de Importância e; QA= Índice de qualidade ambiental. A contabilização final é feita através da expressão: UIA com projeto – UIA sem projeto = UIA por projeto.
	Análise Multicritério	Agregam etapas do processo de avaliação de impacto ambiental (definição das ações potenciais, formulação de critérios e avaliação das ações) sob a ótica de cada critério.
	Folha de Balanço	Classifica os atores envolvidos em produtores (empresas, indivíduos, atividades ou local) e consumidores (grupos afetados) e contabiliza em termos monetários os custos e benefícios de alternativas para as partes afetadas.
	Matriz de Realização	Considera grupos afetados sem classificá-los e os impactos são avaliados em termos de custos e benefícios a partir das ponderações dos diferentes objetivos da comunidade e dos grupos afetados.

QUADRO 4 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL  
 FONTE: LA ROVERE (2001, p. 35-37)

É importante salientar que os métodos quantitativos, em essência objetivam uma análise custo-benefício através de uma unidade monetária para mensuração, no entanto, o valor econômico tende a ser estimado, através da soma de seu “valor de uso mais seu valor de opção mais seu valor de existência” (LA ROVERE, 2001, p.35).

### 2.2.4.3 Avaliação do Impacto Ambiental por Pastakia

O método Pastakia, criado pelo dinamarquês Christopher M. R. Pastakia em 2001, é um método de análise sistemática dos impactos ambientais, decorrentes de um evento accidental ou atividade de impacto, que avalia as modificações provocadas nos componentes ambientais pelo impacto e pelos seus efeitos. Os componentes considerados são: físico químicos; ecológico biológico; social culturais e econômico operacionais. Adota um Índice de Impacto (ES) associado a cada um dos componentes ambientais, que para calculá-lo emprega cinco critérios, divididos em dois grupos (A e B) (KASKANTZIS, 2010).

Os critérios do primeiro grupo são utilizados para avaliar a importância e magnitude da alteração sofrida pelos componentes ambientais, sendo eles: A1=importância da mudança e A2= magnitude da mudança.

Os critérios do segundo grupo estão relacionados com os efeitos que as alterações ocorridas provocam na população que habita na área de influência direta e nas fronteiras da região afetada pelo dano ambiental, sendo eles: B1= permanência da mudança, B2= reversibilidade e B3= acúmulo.

Por meio deste índice pode-se qualificar e quantificar impactos benéficos e prejudiciais.

O Índice de Impacto (ES) é calculado pela expressão abaixo:

$(ES) = (A1 \times A2) \times (B1 + B2 + B3)$ , onde A1, A2, B1, B2 e B3 são os valores atribuídos aos critérios de avaliação do impacto, conforme tabela 1 a seguir:

TABELA 1 - ESCALA DE VALORES NUMÉRICOS E ALFANUMÉRICOS – AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

Faixa de valor (ES)	Escala Alfabética (RV)	Escala Numérica (RV)	Classe de Impacto Ambiental
108 A 72	E	05	Extremamente Positivo
71 A 36	D	04	Significativamente Positivo
35 A 19	C	03	Moderadamente Positivo
10 A 18	B	02	Pouco Positivo
01 A 9	A	01	Muito Pouco Positivo
Zero	N	0	Inalterado
-01 a -09	-A	-01	Muito Pouco Negativo
-10 a -18	-B	-02	Pouco Negativo
-19 a -35	-C	-03	Moderadamente Negativo
-36 a -71	-D	-04	Significativamente Negativo
-72 a -108	-E	-05	Extremamente Negativo

FONTE: PASTAKIA (2001, p.17)

Pastakia (2001, p. 10) explica que a estratégia “holística” do estudo de impacto ambiental, fez com que os avaliadores ficassem limitados pelo tempo gasto na coleta de dados e detalhamento quantitativo, além da incerteza provocada pela prática subjetiva de avaliação dos dados coletados.

Ainda segundo Pastakia é necessário garantir certo grau de transparência e objetividade na avaliação qualitativa e avaliação dos impactos em projetos, sendo necessário ser reavaliado com o passar do tempo. No entanto, sistemas subjetivos não são capazes de tal revisão, uma vez que dependem da experiência e conhecimentos técnicos do avaliador, que originalmente, registraram os dados. Pastakia (2001, p. 11) sugere que sejam adotados critérios de julgamento que sejam aceitos em todas as áreas do EIA.

Desta forma, Pastakia (2001, p. 12) propõe a Matriz de Avaliação Rápida de Impactos (*Rapid Impact Assessment Matrix - RIAM*).

A RIAM é um método baseado em um padrão de critérios de avaliação, onde os impactos das atividades do projeto são avaliados e cada componente recebe uma pontuação. Esses critérios se dividem em dois grupos: a) critérios que são de importância para o estado, e que pode alterar individualmente a pontuação obtida; b) critérios que são de valor para a situação, mas individualmente não deve ser capaz de mudar a pontuação obtida. Dessa forma, o valor atribuído a cada um destes grupos de critérios é determinado pelo uso de uma série de fórmulas simples, que permitem que as pontuações para os componentes individuais sejam determinados em uma base definida. Conforme Pastakia (2001, p.13), o sistema de pontuação determina uma multiplicação simples das pontuações para cada critério do grupo A, e para o grupo de critérios valor B são adicionados em conjunto para proporcionar uma soma simples, expresso da seguinte forma:

$$\begin{aligned}(a1) \times (a2) &= aT \\ (b1) + (b2) + (b3) &= bT \\ (aT) \times (bT) &= ES\end{aligned}$$

Onde:

- (a1) e (a2) são critérios de pontuação individual para o grupo (A);
- (b1) a (b3) são as pontuações individuais dos critérios para o grupo (B);
- aT é o resultado da multiplicação de todos os escores (A);

bT é o resultado da soma de todos os escores (B);

ES é o escore de avaliação para o dano.

Os impactos podem ser positivos ou negativos, e na metodologia RIAM são demonstrados por meio de escalas que passam de negativos para valores positivos. Nesse sentido, os critérios devem ser definidos para ambos os grupos e devem basear-se em condições que podem ser afetadas pela mudança, em vez de estarem relacionados a projetos individuais (PASTAKIA, 2001).

Outra questão a ser observada é que os critérios do grupo A possuem uma escala que se inicia negativo, passa pelo zero e segue para valores positivos. Já no grupo B, deve-se evitar o valor zero, e variar de 1 a 3, onde o valor 1 representa uma situação neutra.

Como é possível teoricamente definir vários critérios, o RIM determina que, esses critérios devem satisfazer dois princípios:

- Universalidade e importância do critério;
- Natureza do critério que determina se ele pertence ao grupo A ou B.

O método RIAM de Pastakia (2001), trabalha com cinco critérios, que juntos representam as condições de avaliação essenciais para os estudos de impactos ambientais. Dois desses critérios são para o grupo A e três para o grupo B, e seu sistema de pontuação será apresentado a seguir:

#### Critérios do grupo A:

Extensão geográfica dos grupos afetados (A1): Estima a importância da extensão geográfica do problema e dos interesses que o problema pode afetar.

A1= 4 Internacional;

A1= 3 Nacional;

A1= 2 Regional (Bacia, Estado);

A1= 1 Local (Sub-bacia, município);

A1= 0 Nenhuma/Pouca.

Magnitude da mudança (A2): estima os benefícios ou gravidade do problema;

A2= 3 Benefícios positivos;

A2= 2 Melhora significativa do estado;

A2= 1 Melhoria no estado;

A2= 0 Nula;

A2= -1 Avaliação negativa do estado;

A2= -2 Mudança negativa considerável no estado;

A2= -3 Significativa mudança no estado (negativa).

#### Critérios do grupo B:

Estabilidade do problema (B1): define se o problema é permanente ou temporário

B1= 1 Nenhuma mudança;

B1= 2 Temporário;

B1= 3 Permanente.

Reversibilidade (B2): define se os problemas são reversíveis e se existem ações corretivas capazes de reduzir alterar ou evitar o problema.

B2= 1 Sem possibilidade;

B2= 2 Reversível;

B2= 3 Irreversível.

Cumulativo (B3): determina se o impacto será único ou cumulativo ao longo do tempo, com base na sinergia do efeito.

B3= 1 nenhuma mudança;

B3= 2 não cumulativa/ isolada;

B3= 3 cumulativa/ sinérgica.

A RIAM necessita de componentes de avaliação específicos, conforme o projeto. Cada componente está incluído nas quatro categorias que são definidas da seguinte forma:

- Química/Física: compreende todos os aspectos físicos e químicos do meio ambiente, incluindo recursos finitos, naturais, degradação do meio físico e poluição;
- Biológica/Ecológica: compreende todos os aspectos biológicos do ambiente, incluindo recursos naturais renováveis, conservação da biodiversidade, interações entre espécies e poluição da biosfera;

- Sociológico/Cultural: compreende os aspectos humanos do ambiente, incluindo questões sociais e culturais que afetam indivíduos e comunidades, incluindo a conservação do patrimônio e o desenvolvimento humano.
- Econômico/Operacional: identifica qualitativamente as consequências econômicas das mudanças ambientais, tanto as temporárias quanto as permanentes e o gerenciamento do projeto e suas atividades.

A partir dessas quatro categorias é possível subdividi-las e conseqüentemente identificar os componentes ambientais que especificam o impacto ambiental.

### 2.3 O VALOR ECONÔMICO DOS RECURSOS NATURAIS

HOLMGREN (2007) analisa que uma das funções primordiais da valoração dos impactos ambientais é dar suporte ao desenvolvimento de políticas que buscam internalizar os custos dos impactos ambientais por meio de instrumentos econômicos.

Segundo OLIVEIRA (2006) existe uma distinção entre recursos natural e ambiental, sendo o recurso natural o que se refere a gama de elementos da natureza que servem como insumos, ou como bens de consumo, sendo bens primários, já o recurso ambiental é considerado o conjunto de amenidades destinadas basicamente ao consumo, como o ar, a água, paisagem, etc., estando a disposição da coletividade.

Embora a aplicação dos métodos de valoração econômica ambiental tenha se tornado cada vez mais difundida, ainda existem muitos pontos de discordância no que se refere a sua capacidade de captar o valor total dos recursos naturais (PAIVA, R.S., 2010, p.15). Ainda segundo PAIVA (p.75) é fundamental o conhecimento acerca das funções e serviços fornecidos pelo ecossistema e das dimensões do valor a eles associados para a realização de avaliações mais completas.

A identificação da metodologia ideal para a valoração ambiental é possível quando primeiramente compreendemos o conceito de que a maioria dos ativos ambientais não pode ser substituída e que a ausência de preços para os recursos ambientais traz consigo o risco de utilização excessiva do recurso, ao ponto de

atingirem um nível de degradação irreversível (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000, p. 82).

A valoração ambiental é a última fase da análise, e consiste em instrumentos analíticos, que podem ser aplicados nos mais diversos componentes do bem público. Para tanto, é necessário medir os efeitos físicos, químicos e biológicos das atividades compreendendo que alguns aspectos são qualitativos, o que dificulta a valoração em termos econômicos, sobretudo a integração entre os componentes ambientais.

De uma forma geral, a valoração econômica ambiental considera que o bem ou serviço ambiental é mensurado a partir do conjunto de preferências individuais, o que May, Lustosa e Vinha (2003, p. 82) chamam de *trade off* (escolha entre opções). Neste sentido, o “que recebe valor não é o meio ambiente ou recurso ambiental, assim as preferências individuais em relação a mudanças de qualidade ou quantidade ofertada do recurso ambiental” e são traduzidas como “medidas de bem estar”.

O processo de mensuração se distingue entre:

- Valor de uso: uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover;
- Valor de não uso: valor que reside nos recursos ambientais, independente da relação com os seres humanos, no presente ou no futuro.

Nogueira, Medeiros e Arruda (2000) explicam que novos detalhamentos são utilizados, e o valor de uso é substituído em “valor de uso propriamente dito”: “valor de opção e valor de quase opção” onde:

- Valor de opção: valor da disponibilidade do recurso ambiental para o futuro;
- Valor de quase opção: valor de reter a opção de uso futuro do recurso, dada uma hipótese de crescente conhecimento científico, técnico, econômico ou social.

Existem muitas variantes desta classificação, possibilitando distinguir os componentes do Valor Econômico Total (VET) de um bem em:

$VET = \text{valor de uso} + \text{valor de opção} + \text{valor de quase opção} + \text{valor de existência}.$

May, Lustosa e Vinha (2003, p. 83) advertem que se deve tomar o cuidado de não adicionar valores mais de uma vez, ou, ainda não somar valores que não

seriam possíveis se outro uso de recurso tiver sido considerado na valoração econômica. Além disto, incluir na análise custo-benefício “as preferências da geração atual em relação ao benefício futuro” e “os custos incorridos no presente e no futuro devem ser refletidos na tomada de decisão”. Neste sentido, os autores concluem que:

A agregação temporal de custos e benefícios envolvendo recursos ambientais, é mais pertinente a uma análise de curto prazo, quando as incertezas em relação ao futuro são menores. Em casos em que o horizonte de análise é longo, o uso de taxas de desconto intertemporal pode levar à conclusão errada de que devemos fazer muito pouco em benefício de gerações futuras. (MAY; LUSTOSA; VINHA, 2003, p 83)

É fundamental considerar que a valoração do meio ambiente passa pelo cálculo do VET, entretanto conforme destacam, Nogueira, Medeiros e Arruda (2000), “o valor econômico total do meio ambiente, não pode ser integralmente revelado por relações de mercado”. Esta afirmação deve-se ao fato de que muitos de seus componentes não são comercializados no mercado, não refletindo o verdadeiro valor da totalidade dos recursos utilizados, sendo utilizado para isto estimativas a partir de situações reais onde não existem mercado aparentes, ou imperfeitos.

### 2.3.1 O Valor Econômico do Recurso Ambiental - VERA

A norma ABNT 14653-6 em sua versão corrigida de 2009 é uma parte do conjunto de normas para avaliação de bens, onde nesta parte seis trata dos recursos naturais e ambientais.

Segundo a norma é necessária classificar a natureza dos recursos naturais para a sua valoração, onde valor econômico do recurso ambiental é definido como o somatório dos valores de uso e de existência de um recurso ambiental.

A classificação dos recursos naturais, pela norma NBR 14653-6, se dá pelos recursos abióticos (atmosfera, águas interiores, superficiais e subterrâneas, estuários, mar, solo e subsolo) e recursos bióticos (fauna e flora).

A aplicação do método VERA leva em conta a caracterização da região e do bem, sendo a região preferencialmente georreferenciada.

O valor econômico do recurso ambiental, segundo a NBR 14653-6, é determinado a partir do bem estar das pessoas em virtude de mudanças na

quantidade e qualidade de bens e serviços ambientais e é expresso pela seguinte equação:

$$\text{VERA} = \text{VU} + \text{VE} \text{ ou } \text{VERA} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VE}$$

Onde:

- VERA = Valor econômico do recurso ambiental;
- VUD = Valor de uso direto (apropriação direta de um recurso ambiental seja por extração, visitação ou atividades de produção ou consumo direto);
- VUI = Valor de uso indireto (benefícios indiretos gerados pelas funções ecossistêmicas)
- VO = Valor de opção (Intenção de consumo direto ou indireto do bem ambiental no futuro);
- VE = Valor de existência (valores associados a questões morais, culturais, éticas e outros, em relação à existência dos bens ambientais).

De uma forma geral, percebe-se que o valor do recurso ambiental, em sua expressão mais ampla, será considerado a partir de seus atributos, pois, é determinado a partir do valor de uso direto ou indireto, ou seja, o valor que é atribuído pelas pessoas ao uso dos recursos e serviços ambientais.

### 2.3.2 Serviços Ambientais

Embora existam muitos mecanismos e métodos para se obter a valoração do meio ambiente, ainda existe uma grande dificuldade em identificar quais as contribuições dos ecossistemas e elencar a ordem de valor de cada um. Dessa forma, para que seja possível compreender o processo de valoração primeiramente deve-se aceitar que a base da economia e da vida humana é o meio ambiente.

Kemkes *et al.* (2010), FARLEY and COSTANZA (2010, p.260-268) defendem que a física e as características econômicas dos serviços dos ecossistemas pode informar de forma institucional os sistemas de pagamento de

serviços ecossistêmicos, e também torná-lo explícito, onde a mercantilização dos serviços dos ecossistemas é impossível ou indesejável.

Os serviços dos ecossistemas não são produtos “comerciáveis”, ou seja, não são comparados a serviços econômicos. Costanza *et al.* (1997) apresentam um estudo realizado a partir de 16 biomas diferentes que possibilitaram identificar 17 serviços ambientais. Esse estudo estimou o valor total dos serviços ambientais em aproximadamente US\$ 33 trilhões de dólares/ano, enfatizando o impacto que a falta de suporte a estes biomas poderia causar para as economias mundiais. Embora existam problemas conceituais e práticos quanto à estimativa do valor ambiental, esse estudo possibilita: 1) fazer a escala de valores potenciais dos serviços dos ecossistemas mais aparentes; 2) estabelecer pelo menos uma primeira aproximação da magnitude relativa dos serviços do ecossistema global; 3) estabelecer um quadro para sua posterior análise; 4) apontar as áreas que mais necessitam de pesquisas adicionais e 5) estimular a pesquisa adicional e debate.

Os 17 serviços catalogados por Costanza *et al.* (1997) incluem apenas os serviços renováveis, excluindo os não renováveis, os minerais e a atmosfera. A seguir no quadro 5 podem ser observados alguns dos serviços catalogados no esquema proposto pelos autores:

<b>Serviço de Ecossistema</b>	<b>Funções do Ecossistema</b>	<b>Exemplos</b>
Regulamentação da água	Regulação dos fluxos hidrológicos	Provisionamento de água para fins agrícolas (irrigação) ou processos industriais (moagem) ou transporte.
Fornecimento de água	Armazenamento e conservação de água	Provisionamento de água por bacias hidrográficas, reservatórios e aquíferos.
Controle de erosão e retenção de sedimentos	Retenção do solo dentro de um ecossistema.	Prevenção de perda de solo por escoamento do vento, ou outros processos de remoção, armazenamento de palafitas em lagos e pântanos.
Formação do solo	Formação de processos do solo	Intemperismo das rochas e do acúmulo de material orgânico
Ciclo de nutrientes	Armazenamento, processamento interno de ciclo, e aquisição de nutrientes.	Fixação de nitrogênio e outros ciclos elementares ou nutrientes.
Tratamento de resíduos	Recuperação de nutrientes móveis e remoção ou separação de nutrientes em excesso ou xenic e compostos.	Tratamento de Resíduos, Controle de Poluição, de desintoxicação.
Polinização	Movimento dos gametas floral.	Provisionamento de polinizadores para a reprodução de populações de plantas.
Controle biológico	Trófico-dinâmico regulamentos das populações.	Keystone predador controle de espécies presa, redução da herbívora por predadores de topo.
Refugia	Habitat para as populações residentes e transitórios.	Viveiros habitat, de espécies migratórias, regional para espécies locais.

QUADRO 5 - SERVIÇOS E FUNÇÕES DO ECOSSISTEMA  
 FONTE: Adaptado COSTANZA *et al.* (1997).

Conforme pode ser observado em alguns casos, um serviço é produto de duas ou mais funções do ecossistema, enquanto em outros modelos uma função do ecossistema único contribui para dois ou mais serviços do ecossistema. Neste modelo, Costanza *et al.* (1997, p.4) sugerem a mudança de um conceito básico do tradicional modelo de valoração onde o questionamento é direcionado a perguntar o valor total do capital natural do bem-estar humano, para identificar “como as mudanças na quantidade ou qualidade de vários tipos de capital natural e dos serviços ambientais pode ter impacto no bem estar humano”.

Nesse contexto, valorizar os serviços de capital natural, consiste em determinar as diferenças que mudanças relativamente pequenas nesses serviços fazem ao bem-estar humano. Costanza *et al.* (1997, p. 10) explicam que como os serviços do ecossistema em grande parte ficam fora do valor de mercado, eles são

muitas vezes ignorados ou subestimados, levando ao erro de projetos de construção cujas condições sociais apresentam dados desproporcionais de seus benefícios.

A forma como se dá a atribuição de valores aos serviços ecossistêmicos é inadequada, pois, se baseia em pressupostos que ignoram a natureza peculiar dos serviços ecossistêmicos, como a complexidade, irreversibilidade, não linearidade, ANDRADE (2010, p. 229). O autor ainda discorda da pressuposição de que capital natural e capital produzido são substituíveis entre si, pois isso só ocorre em relação ao capital natural como fonte de matérias-primas, inexistindo quando se trata do capital natural como fonte de serviços ecossistêmicos.

## 2.4 METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL

Segundo Andrade (2010) é de conhecimento duas vertentes principais da teoria econômica, que tratam das questões ambientais e seus aspectos teóricos e metodológicos, sendo a Economia Ambiental Neoclássica (*Environmental Economics*) e a Economia Ecológica (*Ecological Economics*). A primeira incorpora em seus modelos a ideia de sustentabilidade ambiental com relação ao bem-estar dos indivíduos apenas, o que é considerado como o princípio da sustentabilidade fraca. Já a segunda vertente (Economia Ecológica) parte da premissa que os sistemas naturais são entidades complexas, repletas de não linearidades e irreversibilidades e leva-se em conta os princípios da sustentabilidade ecológica e social (ANDRADE, 2010, p.22)

De uma forma geral, os métodos de valoração ambiental são instrumentos de auxílio na determinação do valor monetário aos recursos naturais, e tem como base as preferências individuais da população. Estes mecanismos são geralmente usados nos processos de licenciamento ambiental e perícia judicial.

A norma NBR 14653-6:2009 considera que a escolha do método de valoração ambiental depende do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade de dados e do conhecimento da dinâmica ecológica do bem a ser valorado. Neste sentido, classifica os métodos em:

- Métodos diretos: são os métodos que possibilitam identificar a disposição a pagar (ou receber) das pessoas em relação a qualidade ambiental;

- Métodos indiretos: são os métodos que requerem a coleta de dados no campo, e tem nestes dados os valores de uso e não uso para medir o dano ambiental, sem que seja necessário relacionar estes parâmetros com a disposição a pagar ou a receber dos indivíduos.

Cada método de valoração apresenta suas limitações na captação dos diferentes tipos de valores do recurso ambiental. A escolha correta deverá considerar, entre outras coisas, o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo e também se deve levar em consideração as limitações financeiras da pesquisa (MAIA, 2002, p.7)

O processo de valoração dos serviços ecossistêmicos deve ser refinado no sentido de considerar a utilização de ferramentas que o auxiliem na superação de suas limitações, não devendo ser restrita apenas à mera aplicação dos métodos e sim ser um processo mais amplo no qual sejam considerados aspectos econômicos, ecológicos e sociais (ANDRADE, 2010, p. 230)

#### 2.4.1 Métodos Diretos de Valoração Ambiental

Sempre voltado para a percepção da população, os métodos diretos de valoração ambiental partem do pressuposto que a variação da qualidade ou quantidade do bem ambiental, irá afetar os padrões de bem estar das pessoas. Os métodos diretos utilizam como base de cálculo a percepção da população diante do bem ambiental, e a maneira de captação da disposição em pagar, seja direta ou indiretamente, será determinante para a classificação do método direto de valoração (BRANDLI *et al.*, 2006, p.6).

A seguir serão apresentados os principais métodos diretos de valoração ambiental.

##### 2.4.1.1 Método de Produtividade Marginal - PMP

O principal objetivo deste método é mensurar o impacto no sistema produtivo, a partir de uma variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental, e com esta variação, é possível estimar o valor econômico de uso do

recurso ambiental (Silva, 2008, p.47). Neste método o papel do recurso ambiental no processo produtivo será representado por uma função dose-resposta, que relaciona o nível de provisão do recurso ambiental ao nível de produção respectivo do produto no mercado.

Silva (2008, p.56) explica que o método de produtividade marginal estima apenas uma parte dos benefícios ambientais, com isto, valores como preservação das espécies, por exemplo, não estão incluídos nesta estimativa, pois, o método capta apenas os valores de uso do recurso ambiental, tratando a qualidade ambiental como um fator de produção.

#### 2.4.1.2 Método de Preços Hedônicos

É uma metodologia utilizada com frequência para estabelecer o preço de propriedades, e parte do pressuposto que as características ambientais interferem nos benefícios dos moradores, afetando também o preço de mercado das residências.

Silva (2008, p. 45) explica que o método Hedônico “utiliza uma regressão de quadrados mínimos ordinários para ajustar o preço da residência às diversas características que possam inferir no seu valor”. Desta forma, “além das características estruturais, como a área construída e o número de cômodos, e das características ambientais do local de construção, também farão parte do modelo econométrico os índices socioeconômicos da região”.

A norma NBR-14653-6 determina, quanto ao método de preços hedônicos, que no caso de sua aplicação no mercado imobiliário, farão parte do modelo as características quantificáveis que expressam indiretamente a disposição a pagar ou a receber pelo recurso ambiental e sua influência específica no preço do bem.

#### 2.4.1.3 Método dos Custos de Viagem

Considerado um dos mais antigos métodos de valoração econômica, o método dos Custos de Viagem tem como principal objetivo avaliar a demanda por

áreas naturais partindo da observação direta do usuário do local analisado. Brandli *et al.* (2006, p.8) explicam que no método de custo de viagem “o valor do recurso ambiental será estimado pelos gastos dos visitantes para se deslocar ao sítio, incluindo transporte, tempo de viagem, taxa de entrada e outros gastos complementares”. A principal vantagem deste método é que não será necessária a criação de mercados hipotéticos, e o comportamento realizado a partir da observação, tendo como recurso as entrevistas.

Conforme a norma NBR 14653-6, para calcular o custo de viagem, considera-se que as zonas residenciais  $z$  são definidas por distância ao patrimônio natural  $p$  e devem ser conhecidas para cada zona a população e outras variáveis socioeconômicas  $SE_z$ . Neste sentido, a taxa de visitação da zona  $z$  ao patrimônio  $p$  ( $V_{zp}$ ), pode ser correlacionada estatisticamente com os dados amostrais do custo médio de viagem da zona ( $CV_{zp}$ ), tarifa de entrada ao patrimônio ( $TE_p$ ) e com as variáveis socioeconômicas zonais na seguinte expressão:

$$V_{zp} = f(CV_{zp}, TE_p, SE_z)$$

Zampier e Miranda (2007, p. 6) explicam que embora este método seja uma boa alternativa para estimar o excedente do consumidor em sítios naturais, “sua utilização restringe-se a lugares de visitação pública, onde os visitantes tenham de se deslocar até chegar até eles”. Neste sentido, quanto maior a distância entre o visitante e o sítio natural, maior será o custo da viagem, e conseqüentemente menor será a visitação a este lugar.

#### 2.4.1.4 Método de Valoração Contingente - MVC

O método de Valoração Contingente (MVC) ocorre simulação hipotética da disposição das pessoas a pagar ou a receber em troca da alteração de um bem e serviço ambiental. Para tanto, utiliza-se como método de mensuração “jogos de leilão”, escolha dicotômica (sim/não), jogos de *trade-off* e outros, que são tabulados resultando em valores médios de disposição a pagar (DAP).

Conforme Silva (2008, p. 45) este método é utilizado para mensurar situações em que não existe preço no mercado, como os recursos imprescindíveis para a sobrevivência, como ar e água, ou características paisagísticas, ecológicas, culturais e outros.

A NBR 14653-6 descreve este método como o único capaz de medir valor de existência, além de quantificar os valores de uso (direto, indireto e de opção).

#### 2.4.2 Métodos Indiretos de Valoração Ambiental

Os métodos indiretos de valoração ambiental tem o valor de um recurso ambiental é estimado através de uma função de produção, utilizando como referência produtos no mercado que sejam afetados pela modificação da provisão do recurso ambiental (SILVA, 2008, p. 47). Desta forma, a avaliação requer um maior conhecimento quanto os impactos econômicos na produção, calculado diretamente no preço de mercado do produto afetado, ou num mercado de bens substituto.

É importante salientar que nos métodos indiretos, os valores devem ser entendidos como aproximações da verdadeira dimensão econômica dos danos, e devem ser utilizados quando os métodos diretos não puderem ser aplicados por falta de dados (NBR 14653-6, p. 8). Serão apresentados os principais métodos indiretos de valoração ambiental.

##### 2.4.2.1 Método de Mercado de Bens Substitutos

Esta metodologia está fundamentada no conceito de com a escassez ou perda de qualidade de um bem ou serviço ambiental haverá uma procura por substitutos, desta forma, não obtendo o preço do bem, pode-se “estimá-lo pelo substituto existente no mercado” (SILVA, 2008).

No entanto, esta metodologia tende a considerar apenas os valores de uso dos recursos ambientais, deixando de lado valores de existência como a preservação das espécies afetadas, que não entram no cálculo, pois, não fazem parte do mercado.

Este método apresenta as seguintes técnicas: Custo Proteção Evitado; Custos de Relocalização; Custo de Controle Evitado; Custo de Reposição; Custo de Oportunidade.

#### 2.4.2.2 Método de Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)

O método CATE foi desenvolvido pelo engenheiro florestal Luiz Cesar Ribas (Prof. Ribas), em 1996, em sua tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da USP.

Sob o enfoque florestal, o método CATE é representado como sendo a renda perpétua que a sociedade estaria disposta a receber, pelo dano ambiental, em decorrência da indenização (RIBAS, 1996).

A pedido do Ministério Público do estado de São Paulo, Ribas, em 2010, aprimorou seu método, complementando-o quanto à questão da irreversibilidade.

Esta metodologia segue o mesmo conceito empregado no sistema financeiro, pois, primeiro estabelece o valor presente dos custos ambientais para então determinar o valor econômico (RIBAS, 1996), em unidade monetária por unidade de área.

Considera a possibilidade da existência de duas vertentes:

- Custos Ambientais Totais Esperados/ Dano Ambiental Intermitente (CATE I);
- Custos Ambientais Totais Esperados/ Dano Ambiental Contínuo (CATE II).

No CATE I é levado em consideração a existência de danos ambientais intermitentes, ou seja, aqueles danos ambientais sem riscos ambientais contínuos, proveniente de uma ação não repetitiva, única, não periódica (RIBAS, 1996, p.126)

$$\text{CATE I} = \frac{(V_c + C_d \cdot F_{i/d}) \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Onde:

CATE I = Custos ambientais esperados (por unidade de área);

$V_c$  = Valor da propriedade;

$C_d$  = Custos da recuperação do impacto ambiental;

$F_{i/d}$  = Fator que relaciona os danos diretos e indiretos;

$J$  = Taxa de juros;

$n$  = Período de duração dos efeitos dos impactos adversos.

A metodologia CATE II leva em consideração a existência de danos ambientais contínuos, ou seja são os danos que permanecem ao longo do tempo, é repetitivo, como o exemplo de lançamento diário de esgoto, ou lançamento da chaminé de uma indústria.

A fórmula do CATE II é considerada a fórmula do CATE I, porém, aplicado o conceito de valor futuro, pois a emissão do dano persistiu ou persistirá durante todo o período em questão.

$$\text{CATE II} = \frac{(V_c + C_d \cdot F_{i/d}) \cdot [(1+j)^n - 1]}{j \cdot (1+j)^n}$$

Onde:

CATE II = Valor presente dos custos ambientais esperados (por unidade de área);

$V_c$  = Valor da propriedade;

$C_d$  = Custos da recuperação do impacto ambiental;

$F_{i/d}$  = Fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos;

$J$  = Taxa de juros;

$n$  = Período de duração dos efeitos dos impactos adversos.

O Valor  $V_c$ , tanto para CATE I quanto para CATE II, só é utilizado na formulação do cálculo caso seja apontado que houve obtenção de vantagem econômica com o fato gerador do dano ambiental em questão.

O fator de conversão  $F_{i/d}$  relaciona os danos diretos e indiretos decorrentes de uma ação negativa, onde “i” representa os valores ambientais indiretos e “d” os valores ambientais diretos, considerando, desta forma, os valores ambientais indiretos (i) uma relação numérica multiplicada aos valores ambientais diretos ( $C_d$ ).

O Fator F i/d é apresentado em uma escala numérica de 1 a 9, conforme tabela 9.

TABELA 2 - ESCALA COMPARATIVA. RELAÇÃO DANOS AMBIENTAIS DIRETOS (d) E INDIRETOS (i).

<b>Fator (F<sub>i/d</sub>)</b>	<b>Significado</b>
1	Relação de predominância inexistente de i sobre d
3	Pequena predominância de i sobre d
5	Significativa predominância de i sobre d
7	Predominância forte de i sobre d
9	Predominância absoluta de i sobre d
2,4,6,8	Valores intermediários

FONTE: RIBAS (1996, p. 135)

Esta metodologia, da forma como foi apresentada até agora, leva em consideração que o dano ambiental é sanado, ou foram iniciadas medidas de mitigação. Porém, considerando que alguns danos ambientais podem ser irreversíveis num dado período de tempo, o autor do método em 2010 complementou a metodologia com o cálculo da irreversibilidade após os cálculos já mencionados anteriormente.

Ribas (2010) entende que o dano ambiental se torna irreversível, enquanto as medidas ambientais não se estabelecem a contento, ou não ocorrem. A irreversibilidade do dano ambiental está diretamente correlacionada com o tempo que o mesmo leva para ser eliminado ou mitigado.

Para calcular o dano ambiental irreversível utiliza-se a seguinte fórmula:

$$DAI = CATE [(1+j)^t - 1]$$

Onde:

DAI = Dano ambiental irreversível;

t = tempo (em anos) entre o evento danoso e o início da remediação;

j = taxa de juros ao ano;

CATE = CATE I ou CATE II.

O raciocínio matemático de dano ambiental irreversível é igual ao empregado no sistema financeiro, que no caso de período de inadimplência de uma dívida acresce-se os juros para o período correspondente ao atraso.

#### 2.4.2.3 Método do Valor da Compensação Ambiental – VCP

O método VCP foi desenvolvido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que iniciou em 1997, com Almeida, M.C.S.& Peixoto,S.L., um trabalho pioneiro em busca de modelo de valoração econômica do impacto ambiental ocasionado pelas infraestruturas de telecomunicação em Unidades de Conservação.

Esses estudos foram aprimorados em anos posteriores e em 2002 um grupo de trabalho coordenado por Sônia Lucia Peixoto e Ofélia Gil Willmersdorf, consolidou estes instrumentos de valoração econômica de impactos ambientais.

A metodologia determina primeiramente o valor total dos impactos por meio de cinco elementos aplicados à equação:

$$VCP = (P1 + P2 + P3 + P4) / R$$

Onde:

VCP: Valor total do dano;

P1: Impacto de perda de área;

P2: Impacto sobre perda de visitação;

P3: Impacto sobre perda de produção de bens;

P4: Impacto sobre recursos hídricos e serviços ambientais;

R: taxa de desconto oficial.

A taxa de desconto R é definida pela taxa de juros anual estabelecida pelo mercado financeiro. Este valor na fórmula determina que os valores calculados sejam em termos anuais, associado à permanência do dano a longo prazo.

O valor de P4 é calculado segundo os valores dos serviços ecossistêmicos ambientais propostos por CONSTANZA.

#### 2.4.2.4 Método DEPRN – Departamento de Proteção de Recursos Naturais

O método de valoração DEPRN recebe as siglas do departamento que o criou, ou seja, pelo Departamento Estadual de proteção de Recursos Naturais do Estado de São Paulo da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, que em 2009 foi extinta e teve suas atividades incorporadas à CETESB.

O método DEPRN inclui o custo de recuperação do impacto, o valor de exploração dos bens afetados e um conjunto de critérios que são utilizados para qualificar os agravos do dano (KASKANTZIS, 2005).

Na tabela a seguir são apresentados os critérios de avaliação do dano:

TABELA 3 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO DANO - DPRN

<b>Aspectos Ambientais</b>	<b>Intervalo do índice de qualificação dos agravos</b>				
Ar	≤ 6,8	≤ 13,6	≤ 20,4	≤ 27,2	≤ 34,0
Água	≤ 7,2	≤ 14,4	≤ 21,6	≤ 28,8	≤ 36,0
Solo-Subsolo	≤ 7,5	≤ 15,0	≤ 22,5	≤ 30,0	≤ 37,5
Fauna	≤ 6,4	≤ 12,7	≤ 19,2	≤ 25,6	≤ 32,0
Flora	≤ 6,6	≤ 13,2	≤ 19,8	≤ 26,4	≤ 33,0
Paisagem	≤ 8,0	≤ 16,8	≤ 24,0	≤ 32,0	≤ 40,0
<b>Fator Multiplicador</b>	<b>1,6</b>	<b>3,2</b>	<b>6,4</b>	<b>12,8</b>	<b>25,6</b>

FONTE: KASKANTZIS NETO (2005)

Conforme pode ser observado o meio ambiente é dividido em 6 aspectos ambientais. Cada componente considera dois tipos de danos que consequentemente, são aplicados critérios de qualificação dos agravos.

Esta metodologia inicia-se com uma vistoria de campo, que serve para identificar os aspectos ambientais afetados, bem como a tipologia do dano para cada aspecto. Em seguida, os agravos são qualificados por meio de critérios pré-estabelecidos. A seguir são apresentados os aspectos ambientais tipologia do dano e os critérios de qualificação dos agravos:

Aspecto	Tipo de dano	Descrição e qualificação dos agravos							
Atmosfera	Impacto causado pela emissão de gases, partículas, agentes biológicos, energia	Toxicidade da emissão	Proximidade e de centros urbanos	Áreas Protegidas	Comprometimento do aquífero	Morte ou dano à Fauna	Morte ou dano à Flora	Dano ao Patrimônio ou Monumento Natural	
	Impacto da Dinâmica Atmosférica (x 1,5)	Morte ou dano a Fauna	Morte ou dano a Flora	Alteração da qualidade do ar	Previsão do reequilíbrio				
Água	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos, energia	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Danos ao Solo e ou subsolo	Morte ou dano à Fauna	Morte ou dano à Flora	Dano ao Patrimônio ou Monumento Natural	
	Impactos na Hidrodinâmica (x 1,5)	Morte ou dano a Fauna	Morte ou dano a Flora	Alteração da Classe do corpo hídrico	Alteração da vazão/volume de água	Previsão de reequilíbrio			
Solo/Subsolo	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos, energia	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Assoreamento de corpo hídrico	Morte ou dano a fauna	Morte ou dano a flora	Dano ao Patrimônio ou Monumento Natural	Objetivando comercialização
	Impactos na dinâmica solo/subsolo (x 1,5)	Morte ou dano a Fauna	Morte ou dano a Flora	Alteração na capacidade de uso da terra	Dano ao relevo	Previsão de reequilíbrio			
Fauna	Danos aos indivíduos	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmicas	Fêmeas	Objetivando comercialização			
	Impacto na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Importância relativa	Morte ou dano a flora	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				

QUADRO 6 - ASPECTOS AMBIENTAIS TIPOLOGIA DO DANO E CRITÉRIOS DE QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS  
 FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

Aspecto	Tipo de dano	Descrição e qualificação dos agravos							
Flora	Danos aos indivíduos	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmicas	Favorecimento da erosão	Dano ao patrimônio ou monumento natural	Objetivando comercialização		
	Impacto na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Morte ou dano a Fauna	Importância relativa	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				
Paisagem	Dano à paisagem	Áreas ou municípios protegidos	Proximidade e de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do Solo ou subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio monumento natural
	Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquit. Artístico. (x 1,5)	Proximidade e de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo-subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à Flora		

QUADRO 6 – CONTINUAÇÃO

Após a qualificação do dano, será possível obter, para cada aspecto, o índice de qualificação dos agravos correspondentes ao dano ambiental em análise. Então, os índices de agravos obtidos na tabela anterior são somados para que seja possível obter o fator de multiplicação e, finalmente, faz-se o produto do fator de multiplicação e custo de recuperação/exploração, para estimativa de valor do dano ambiental, conforme a seguinte equação:

$$\text{INDENIZAÇÃO} = \sum(\text{fator de multiplicação}) \times \text{Valor de Exploração}$$

Vale salientar que o valor de Exploração é o preço de mercado dos bens apropriados ou lesados, objeto de ação civil. Para os bens que não tem valor de mercado, valorando o bem através da seguinte equação:

$$\text{INDENIZAÇÃO} = \sum(\text{fator de multiplicação}) \times \text{Valor de Recuperação}$$

O cálculo de recuperação deverá ser feita por um perito que identificará a técnica mais adequada.

Os critérios de qualificação dos agravos são apresentados por Kaskantzis Neto (2005) nas tabelas 4 a 9.

- AR : tem seus valores multiplicados por 1,5.

TABELA 4 - QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - AR

Aspecto	Tipo de Dano	Qualificação	OBS	Valores
AR	Impacto da Dinâmica Atmosférica	Toxicidade da emissão	Comprovada	3
			Fortes Indícios	2
			Suposta	1
		Proximidade de centros urbanos	≥ 60.000 hab distante até 10 km	2
			≥ 60.000 hab distante até 25 km	1
		Localização em relação a áreas protegidas	Dentro da área	2
			Sob Influência	1
		Comprometimento do aquífero	Comprovado	2
			Suposto	1
		Morte ou dano à fauna	Comprovado	2
			Suposto	1
		Morte ou dano à flora	Comprovado	2
			Suposto	1
		Dano ao patrimônio cultural, artístico, arqueológico e turístico	Comprovado	2
			Suposto	1
		Alteração da qualidade do ar	Estado de Emergência	3
			Estado de Alerta	2
			Estado de atenção ou péssimo	1
		Previsão de reequilíbrio (não sendo possível prever a curto prazo, utiliza-se o critério de custo de recuperação ou custo dos equipamentos preventivos na seguinte ordem: baixo custo 1; médio custo 2; e alto custo 3)	Curto Prazo	1
			Médio Prazo	2
Longo Prazo	3			

FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

- ÁGUA: tem seus valores multiplicados por 1,5.

TABELA 5 - QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS -ÁGUA

Aspecto	Tipo de Dano	Qualificação	OBS	Valores
ÁGUA	Impacto na Hidrodinâmica	Toxicidade da emissão	Comprovada	3
			Fortes Indícios	2
			Suposta	1
		Comprometimento do aquífero	Comprovada	3
			Fortes Indícios	2
			Suposta	1
		Localização em relação a áreas protegidas	Dentro	3
			Mesma Bacia Hidrográfica e montante	2
			Mesma Bacia Hidrográfica e jusante	1
		Dano ao solo/subsolo	Comprovado	2
			Suposto	1
		Morte ou dano à fauna	Comprovado	2
			Suposto	1
		Morte ou dano à flora	Comprovado	2
			Suposto	1
		Dano ao patrimônio cultural, artístico, arqueológico e turístico	Comprovado	2
			Suposto	1
		Alteração da classe do corpo hídrico (Resolução CONAMA)	Comprovado	3
		Alteração da vazão /Volume de água	Significativa	2
			Não Significativa	1
		Previsão de reequilíbrio na condição natural (não sendo possível prever a curto prazo, utiliza-se o critério de custo de recuperação ou custo dos equipamentos preventivos na seguinte ordem: baixo custo 1; médio custo 2; e alto custo 3)	Curto Prazo	1
Médio Prazo	2			
Longo Prazo	3			

FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

- SOLO E SUBSOLO: tem seus valores multiplicados por 1,5;

TABELA 6 - QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - SOLO E SUBSOLO

Aspecto	Tipo de Dano	Qualificação	OBS	Valores
Solo e Subsolo	Impacto na Dinâmica Solo/ Subsolo	Toxicidade da emissão	Comprovada	3
			Fortes Indícios	2
			Suposta	1
		Comprometimento do aquífero	Comprovada	3
			Fortes Indícios	2
			Suposta	1
		Localização em relação a áreas protegidas	Totalmente Inserido	2
			Parcialmente Inserido	1
		Assoreamento de corpos hídricos	Grande Intensidade	3
			Média Intensidade	2
			Pequena Intensidade	1
		Morte ou dano à fauna	Comprovado	2
			Suposto	1
		Morte ou dano à flora	Comprovado	2
			Suposto	1
		Dano ao patrimônio cultural, artístico, arqueológico e turístico	Comprovado	2
			Suposto	1
		Objetivando a comercialização	Atividade Principal ou secundária	1
		Alteração na capacidade de uso da terra	Em mais de uma classe	3
			Em uma classe	2
			Na mesma classe	1
Danos ao relevo	Ocorrido	3		
	Grande Risco	3		
	Pequeno Risco	2		
Previsão de Reequilíbrio na condição natural (não sendo possível prever a curto prazo, utiliza-se o critério de custo de recuperação na seguinte ordem: baixo custo 1; médio custo 2; e alto custo 3)	Curto Prazo	1		
	Médio Prazo	2		
	Longo Prazo	3		

FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

- FAUNA: tem seus valores multiplicados por 1,5;

TABELA 7 - QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - FAUNA

Aspecto	Tipo de Dano	Qualificação	OBS	Valores
Fauna	Impacto na Dinâmica da Comunidade	Localização em relação a áreas protegidas	Dentro	3
			Raio de ação do animal	2
		Ocorrência de espécies ameaçadas de extinção (Portaria IBAMA 1522/89)	Comprovada	2
			Suposta	1
		Ocorrência de espécies endêmicas	Comprovada	2
			Suposta	1
		Ocorrência de fêmeas	Prenhas ou ovadas	3
			Comprovada	2
			Suposta	1
		Objetivando comercialização	Atividade Principal	3
			Atividade Secundária	2
		Importância relativa	Espécie que não reproduz em cativeiro	3
			Espécie que reproduz em cativeiro	2
			Espécie Criada Comercialmente	1
		Morte ou dano a Flora	Comprovado	3
			Fortes Indícios	2
			Suposto	1
		Alteração dos nichos ecológicos	Comprovado	3
			Fortes Indícios	2
			Suposto	1
Previsão de reequilíbrio na condição natural (caso não haja possibilidade de previsão de prazo, utilizar como critério: outras espécies = 1; espécies endêmicas = 2; e espécies ameaçadas = 3)	Curto Prazo	1		
	Médio Prazo	2		
	Longo Prazo	3		

FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

- Flora: tem seus valores multiplicados por 1,5; para maciços maiores que 0,1 ha, deve-se analisar o dano aos indivíduos e a comunidade.

TABELA 8 - QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - FLORA

Aspecto	Tipo de Dano	Qualificação	OBS	Valores
Flora	Impacto na Dinâmica da Comunidade	Localização em relação a áreas protegidas	Totalmente Inserido	3
			Parcialmente Inserido	2
		Ocorrência de espécies ameaçadas de extinção (Portaria IBAMA 1522/89)	Comprovada	2
			Suposta	1
		Ocorrência de espécies endêmicas	Real Ocorrência	3
			Suposta	2
		Favorecimento a erosão	Comprovado	3
			Fortes Indícios	2
			Suposto	1
		Dano ao patrimônio Cultural, artístico, arqueológico e turístico	Comprovado	2
			Suposto	1
		Objetivando comercialização	Atividade Principal	2
			Atividade Secundária	1
		Morte ou dano a Fauna	Comprovado	3
			Fortes Indícios	2
			Suposto	1
		Importância Relativa	Área 30 vezes maior que a área degradada	3
			Área entre 10 e 30 vezes maior que a área degradada	2
			Área até 10 vezes maior que a área degradada	1
		Alteração nos nichos ecológicos	Comprovado	3
			Fortes Indícios	2
Suposto	1			
Previsão de Reequilíbrio na condição natural (não sendo possível a previsão de prazo, analisar estágio de regeneração: Inicial = 1; Médio = 2 e Avançado = 3)	Longo Prazo	3		
	Médio Prazo	2		
	Curto Prazo	1		

FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

- Paisagem: tem seus valores multiplicados por 1,5.

TABELA 9 - QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS - PAISAGEM

Aspecto	Tipo de Dano	Qualificação	OBS	Valores
Paisagem	Impacto no Patrimônio Cultural, Histórico, Artístico e Turístico	Localização em relação a áreas ou município protegido	Dentro	3
		Comprometimento do Aquífero	Diretamente Relacionado	2
			Indiretamente Relacionado	1
		Comprometimento do Solo	Diretamente Relacionado	2
			Indiretamente Relacionado	1
		Proximidade de Centros Urbanos	≥ 60.000 hab distante até 10 km	3
			≥ 60.000 hab distante até 25 km	2
			≥ 60.000 hab distante até 50 km	1
		Morte ou dano à fauna	Diretamente Relacionado	2
			Indiretamente Relacionado	1
		Morte ou dano à flora	Diretamente Relacionado	2
			Indiretamente Relacionado	1
		Reversão do Dano	Alto Custo	3
			Médio Custo	2
			Baixo Custo	1
		Dano ao Patrimônio Cultural, histórico, artístico, arqueológico e turístico	Tombado pelo CONDEPHAAT	2
Não Tombado	1			

FONTE: ADAPTADO DE KASKANTZIS NETO (2005)

#### 2.4.2.5 Método da Análise do Habitat Equivalente - AHE

O modelo de valoração econômica Habitat Equivalency Analysis (HEA), foi desenvolvido pela Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA), o qual será dado o nome traduzido: método de Análise do Habitat Equivalente (AHE).

O método da Análise do Habitat Equivalente (AHE), foi desenvolvido por King e Adler, em 1991, e estão fundamentados em 5 pontos que devem ser considerados no planejamento e na execução do projeto, são eles: a) precedentes históricos; b) capacidade de pagamento; c) tipo; d) tempo; e) índices biológicos (KING; ADLER, 1991, p. 6 *apud* KASKANTZIS NETO, 2005).

Além disso, o método possui ainda 4 conceitos: a) níveis de funções ecológicas e dos serviços dos banhados; b) razão das áreas do banhado afetado e de compensação; c) tempo de recuperação e criação dos banhados, natural e de compensação e d) taxa de desconto anual.

Em geral o método desenvolvido por King e Adler (1991, p. 18 *apud* KASKANTZIS NETO, 2005) consiste em uma sistemática simples e objetiva que fornece o tamanho da área de compensação de dados ambientais de banhados naturais e pode ser aplicado utilizando os parâmetros usuais de avaliação das funções ecossistêmicas de banhados. Na figura a seguir, pode ser observado o esquema do AHE.

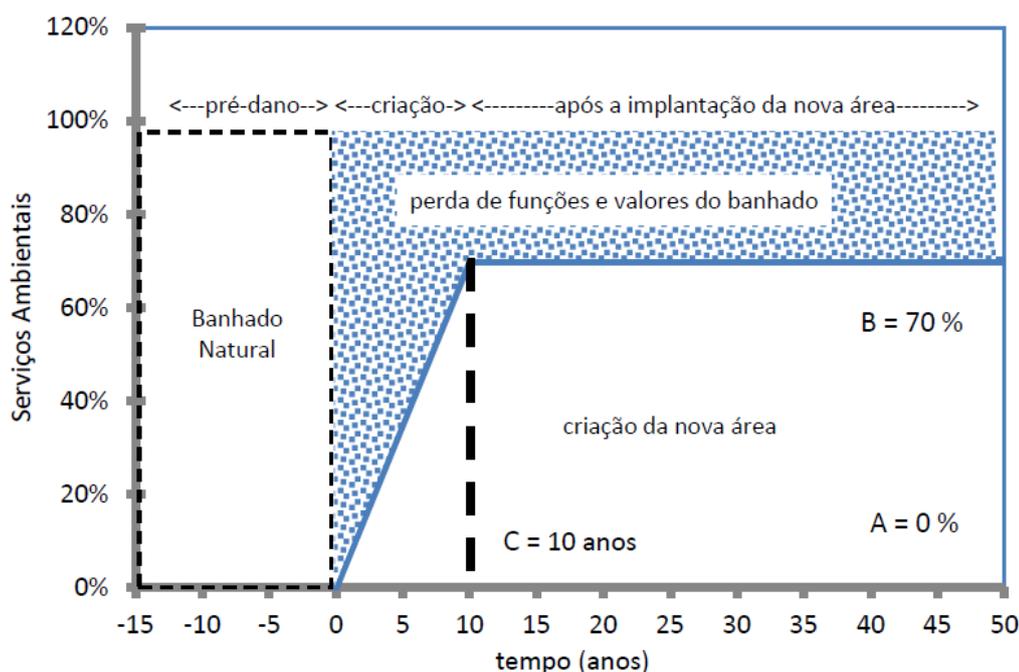


FIGURA 10 - ESQUEMA DO AHE  
 FONTE: KING E ADLER (1991 KASKANTZIS NETO, 2005)

Conforme pode ser observado, no tempo zero, o nível das funções e serviços, indicado pela linha preta tracejada, decresce a partir do máximo (100%) até atingir o mínimo (0%), o que significa que houve a perda total dos benefícios oriundos do banhado. No tempo zero inicia-se o projeto de mitigação do banhado natural e criação da área de compensação, acarretando o aumento progressivo linear das funções e serviços dos banhados. Após dez anos, as funções e os serviços dos banhados alcançam o nível máximo (70%).

Os pontos que merecem destaque do modelo AHE criados por Kaskantzis Neto (2005) são: a) o método possibilita realizar a avaliação de aspectos ambientais dos banhados naturais que não possuem valor de mercado definido; b) a inclusão da taxa de desconto do modelo permite ajustar e analisar os resultados da AHE; c) o método pode ser aplicado em vários casos; d) o número de parâmetros do modelo é pequeno. Entre os pontos frágeis do modelo AHE destaca-se: a) o modelo foi desenvolvido visando apenas os banhados naturais; b) hipótese de comportamento linear das funções ecológicas dos banhados não é verdadeira; c) o modelo foi desenvolvido apenas com base em dados experimentais; d) o modelo não foi obtido a partir de princípios e leis fundamentais; e) a equação do modelo não foi desenvolvida (KASKANTZIS NETO, 2005).

Após a publicação do artigo de King e Aldler (1991 *apud* KASKANTZIS NETO, 2005), a metodologia do AHE passou por pesquisas documentais que possibilitaram uma evolução na elaboração e aplicação desta metodologia, passando a englobar três componentes: 1) os custos de restauração dos recursos afetados visando a restituição da sua condição ecológica ou linha base, designada “restauração primária”; 2) a compensação pela perda provisória dos recursos, desde o momento do incidente até a restituição da linha base; 3) os custos requeridos para a realização da análise técnica da degradação dos recursos.

O método das Análises do Habitat Equivalente – AHE faz uma relação de compensação entre o dano ambiental e o causador, seu objetivo é avaliar a perda ou diminuição dos serviços ambientais dos componentes afetados. Na compensação do dano, inclui-se a recuperação do habitat atingido e o desenvolvimento de um novo habitat similar, a partir de três etapas:

- a) Análise dos componentes afetados;
- b) Quantificação do dano;
- c) Ações de recuperação;

O tamanho do projeto ou habitat de compensação é calculado com a seguinte equação:

$$P = \frac{V_j}{V_p} \times \frac{[\sum_{t=0}^B \rho \cdot (b^j - x_t^j) / b^j]}{[\sum_{t=0}^L \rho \cdot (x_t^p - b^p) / b^j]} \times j$$

Onde:

$V_j$  = é o valor dos serviços fornecidos na área afetada, por unidade de área e tempo;

$V_p$  = é o valor dos serviços fornecidos na área criada, por unidade de área e tempo;

$x_t^j$  = é o nível de serviços fornecidos na área afetada, no final do tempo  $t$ ;

$b^j$  = é a linha base no nível dos serviços sem dano, por unidade área afetada;

$x_t^p$  = é o nível de serviços fornecidos na área de reposição, no final do tempo  $t$ ;

$b^p$  = é o nível inicial dos serviços, por unidade de área de reposição;

$\rho_t$  = é o fator desconto, calculado com  $\rho_t = 1/(1+r)^t$ , sendo  $r$  a taxa de desconto;

$J$  = é o número de unidades de áreas afetadas pelo dano;

$P$  = é o tamanho do projeto de compensação (reposição);

$t(0)$  = é o instante do tempo que ocorreu o dano;

$t(B)$  = é o instante do tempo que os serviços retornam à linha base;

$t(C)$  = é o tempo inicial adotado para calcular a compensação do dano;

$t(I)$  = é o instante do tempo que a área de reposição inicia o fornecimento dos serviços;

$t(M)$  = é o instante do tempo no qual a área de reposição atinge o máximo dos serviços;

$t(L)$  = é o instante do tempo que a área de reposição cessa o fornecimento dos serviços.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

Este capítulo apresenta a descrição dos materiais e metodologia adotados para desenvolvimento dessa dissertação, compreendida em materiais, recursos e técnicas empregadas e os meios que possibilitaram alcançar os objetivos propostos. Para tanto, foi analisado um estudo de caso, obtido a partir de uma ação judicial de crime ambiental, deixado pela empresa RECOBEM INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE TINTAS E VERNIZES LTDA., localizada no bairro de Barro Preto, no município de São José dos Pinhais, no estado do Paraná, alvo de ação civil pública impetrada pelo Ministério Público no ano de 2000.

Foram levados em consideração os danos no solo, água subterrânea e vegetação para aplicação do método de avaliação destes impactos e posteriormente, os impactos ambientais negativos relevantes foram valorados financeiramente.

Após o levantamento, classificação e estudo bibliográfico, os métodos foram aplicados, de forma sistemática em um exemplo real, objeto de ação judicial com valoração monetária, buscando, com isto, comparar e levantar as dificuldades e desacertos dos modelos estudados, de forma a criar parametrização de aplicação e discussões para novos estudos.

#### 3.1 PESQUISA DOCUMENTAL

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de artigos e periódicos de autores clássicos e contemporâneos, proporcionando conhecimentos científicos quanto aos principais métodos de valoração econômica de danos ambientais. Para tanto, os documentos foram identificados através de levantamento de material bibliográfico nas seguintes bases de dados: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA; Universidade Estadual Paulista – UNESP; Universidade de Brasília – UNB; Universidade Federal do Paraná – UFPR; Universidade de São Paulo – USP e outros.

A revisão bibliográfica levou ao estudo dos métodos: a) Método de Custos Ambientais Totais Esperados (CATE); b) Método do Departamento de Proteção de Recursos Naturais (DPRN); c) Método do Valor da Compensação Ambiental (VCP); d) Método das Análises do Habitat Equivalente (AHE).

A pesquisa documental do caso em estudo foi realizada consultando os autos da Ação Civil Pública do Ministério Público do Estado do Paraná impetrada contra a empresa RECOBEM, também foram utilizados os dados levantados por Breno Paulo Herbert em seu estudo da valorização monetária da mesma propriedade da RECOBEM.

Outras informações estão disponibilizadas nos documentos da Ação Civil 980/2000 MP e pareceres técnicos do Dr. Georges Kaskantzis Neto como perito judicial do caso, elaborado em outubro de 2010.

A pesquisa em material bibliográfico foi realizada na base de dados da Universidade Federal do Paraná (UFPR) no dia 31 de agosto de 2011, referente à empresa RECOBEM e ao ocorrido em suas instalações, como parte deste estudo. A pesquisa foi realizada na biblioteca de Ciências Exatas e Tecnologia no Centro Politécnico no campus da UFPR, na cidade de Curitiba-Pr.

A metodologia CATE de valoração do dano ambiental teve consulta com seu idealizador professor Dr. Luis Cesar Ribas que disponibilizou seu material bibliográfico original e atualizado.

Outras pesquisas documentais foram feitas nos autos do processo da ação pública, informações coletadas no Instituto ambiental do Paraná – IAP e Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA.

### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo refere-se à empresa RECOBEM Indústria e Comércio de Tintas e Vernizes Ltda., de fabricação de tintas através da recuperação de borras de tintas, pigmentos, resinas e solventes, localizada no município de São Jose dos Pinhais, no estado do Paraná.

A empresa possuía três sites em locais diferentes, todos no município de São José dos Pinhais-Pr, sendo:

- Barro Preto: segundo arquivos, situava na rua Caroline Mengoti Ligori, 1961, bairro de Barro Preto;
- Guatupê: Rua Luis Gabriel Sampaio, sem número, bairro Guatupê;
- Xingu: Rua Rubens Huergo, no Bairro Xingu, entre as ruas Pedro Vidolin e Alameda Arpo.

As informações sobre o local foram realizadas a partir de três visitas com registro fotográfico.

### 3.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRIMÁRIAS

As informações primárias foram realizadas através de entrevistas com técnicos do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, Ministério Público Estadual de São José dos Pinhais e moradores próximo ao local em estudo.

### 3.4 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DA DESCONTAMINAÇÃO DA ÁREA

O levantamento do histórico da descontaminação da área foi realizado a partir de entrevistas e levantamento de informações pessoais. A primeira entrevista foi com o engenheiro químico Luciano Avila, diretor da empresa Ecoreg do Brasil através de uma reunião técnica em Curitiba. A segunda entrevista foi com técnicos da empresa Essencis Soluções Ambientais.

### 3.5 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA

Foram escolhidos quatro métodos de valoração econômica conhecidos e citados no presente estudo, dentre todos os apresentados. Estes se aplicam a casos de contaminação no solo e são métodos de aplicação usual em ações judiciais no Brasil. Para a avaliação do impacto ambiental, que precede a aplicação da valoração, escolheu-se a metodologia de Pastakia.

### 3.6 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Para o cenário escolhido foram aplicados os métodos: CATE, VCP, AHE e DEPRN e metodologia de Pastakia.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo se encontra a aplicação do método de avaliação dos impactos ambientais proposto por Pastakia e também o cálculo do valor financeiro dos impactos através dos métodos de valoração propostos: Custos Ambientais Totais Esperados (CATE); Método do Departamento de Proteção de Recursos Naturais (DPRN); Método do Valor da Compensação Ambiental – (VCP) e Método das Análises do Habitat Equivalente (AHE).

A cada método aplicado é discutido seu resultado e levantada as suas dificuldades e facilidades.

### 4.1 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES DO SITIO CONTAMINADO

As informações referentes ao sitio contaminado, área diretamente afetada pela empresa RECOBEM foi realizada através de análise documental, incluindo os autos da ação civil pública, visitas ao local e visita aos órgãos que diretamente estavam relacionados à questão.

No dia 24 de agosto de 2011 foi realizada visita ao local das antigas instalações da empresa RECOBEM, site de Barro Preto, que leva o nome do bairro daquele local. Na ocasião, além de percorrer o local e seu entorno, foi estabelecido contato com vizinhos atuais, como o Sr. Junior (se identificou por este nome) morador ao lado do local da antiga instalação da empresa. Na ocasião, também foi feito registro fotográfico.

A visita ao local foi dificultosa, pois não se localizava a antiga unidade de Barro Preto, o endereço atribuído ao local não é mais o mesmo, a rua mudou de nome e os moradores vizinhos não se lembram da empresa e localização, uma vez que já se passaram mais de 10 anos após a população ter se manifestado contra o lixo depositado no local.

A fim de tomar conhecimento da ação civil pública nº 980/2000 foi realizada no dia 25 de agosto de 2011 visita ao Ministério Público do Estado do Paraná no

município de São José dos Pinhais-Pr, situado no Fórum desta cidade, na Rua João Angelo Cordeiro, s/n.

A visita ao Ministério Público foi intermediada pelo promotor Dr. Jorge Fernando Barreto da Costa, que fez o primeiro contato.

O atendimento foi realizado pelo promotor Dr. Divonzir José Borges que atendeu ao pedido e colocou todo o processo a disposição e respondendo aos questionamentos e dúvidas do autor.

O processo estudado possui 17 volumes, incluindo pareceres técnicos das partes envolvidas, relatório de atividades de descontaminação da área, com quantidades e conteúdo dos volumes encontrados nas unidades da RECOBEM.

No dia 26 de agosto de 2011 foi realizada reunião no Instituto Ambiental do Paraná (IAP), na Rua Engenheiro Rebouças, 1375 nesta capital, com o Sr. Juracy Araújo Coelho, fiscal do Escritório Regional de Curitiba, que esteve no local contaminado na época do ocorrido e participou de ações de controle ambiental. O encontro teve o intuito de coletar informações diversas sobre a fiscalização e solicitar e permissão de uso de fotografias de seu arquivo pessoal.

No escritório regional do IAP foi sugerido que houvesse coletas de informações no arquivo central, especificamente no Departamento de Documentos e Informações (DDI). Após pesquisa, foi verificado que não há registro da época em nome da empresa RECOBEM.

Consultado também a Diretoria de Controle de Recursos Ambientais (DIRAM) e o Departamento de Estudos e Padrões Ambientais (DEPAN) do IAP, sendo informado que não poderiam passar informações atualizadas sobre o caso.

Com a orientação de se obter outras informações sobre a antiga Indústria RECOBEM e o fato gerador da ação civil pública foi feita visita à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, em Curitiba, constatando-se que não havia fatos novos.

Em 1º de Setembro de 2011 realizou-se reunião com o engenheiro químico Luciano Avila, diretor da empresa Ecoreg do Brasil – Consultoria e Serviços Ambientais, para coleta de informações sobre métodos de remediação de águas subterrânea e solo contaminado, tendo em vista que na época, o mesmo como funcionário do Senai e a pedido do Ministério Público teria realizado levantamento do ocorrido. Há de se ressaltar que esta reunião foi relativa ao fato de que o profissional trabalha atualmente com remediações de áreas contaminadas.

Por fim, foram utilizadas informações secundárias de estudos e avaliações da pesquisa documental, no entanto os trabalhos de maior relevância foram a dissertação de mestrado de Breno Paulo Herbert e o Parecer Técnico elaborado pelo Prof. Dr. Georges Kaskantzis Neto, a pedido do promotor Dr. Divonzir José Borges.

#### 4.1.1 Caracterização da RECOBEM

A RECOBEM Indústria e Comércio de Tintas e Vernizes Ltda. era uma empresa de fabricação de tintas através da recuperação de borras de tintas, pigmentos, resinas e solventes. Além da fabricação a empresa mantinha contrato de serviços com outras empresas para transporte e tratamento para fins de reciclagem da borra de tinta, como foi ocorreu com as empresas: Volvo do Brasil Veículos Ltda., General Motors do Brasil Ltda., New Holland Latino Americana Ltda., John Deere S/A, entre outras de diversos estados brasileiros. Desta forma é descrito na Ação Principal, da ação civil pública, da 2ª vara civil da comarca de São José dos Pinhais.

A empresa possuía três sites em locais diferentes, no município de São José dos Pinhais-Pr, sendo:

- Barro Preto: segundo arquivos, situava na rua Caroline Mengoti Ligori, 1961, bairro de Barro Preto;
- Guatupê: Rua Luis Gabriel Sampaio, s/n, bairro Guatupê;
- Xingu: Rua Rubens Huergo no Bairro Xingu, entre as ruas Pedro Vidolin e Alameda Arpo.

A unidade de Barro Preto se situa nas proximidades do rio Miringuava, a unidade de Guatupê nas proximidades do rio Itaqui e a unidade de Xingu, próximo ao rio Ressaca.

Nestas instalações funcionou a empresa RECOBEM durante dez anos, até 1995.

Após sua falência decretada, em 13 de Outubro de 1995 e o termo legal de falência fixado em 26/02/1995, a empresa RECOBEM deixou de prestar os serviços contratados e manteve em suas instalações o material tóxico, constatando-se a

origem de 6.669 toneladas de resíduos tóxicos e perigosos acondicionados de forma perigosa e sem controle.

De 1996 até 1999, várias empresas que mantiveram contrato com a RECOBEM, e não tiveram seus serviços prestados de reciclagem reclamaram junto aos autos de falência e pediram autorização para retirada e destino adequado de seus materiais, tendo sido retirados mais de 4000 (quatro mil) tambores das três unidades. Por motivo desconhecido, estas mesmas empresas não recolheram todo o material que estava armazenado nas três unidades da RECOBEM, fato este que gerou a ação civil pública.

Em 19/01/2000 o Instituto Ambiental do Paraná – IAP solicitou a liberação para retirada dos tambores remanescentes.

Após denúncias de vizinhos de uma das propriedades da RECOBEM, em 28 de dezembro de 2000 o Ministério Público de São José dos Pinhais na pessoa do Dr. Divonzir José Borges foi proposto Ação Civil Pública n. 980/2000, contra a falida RECOBEM e outras inúmeras empresas e pessoas físicas, solicitando de imediato a retirada de todo material depositado nos locais da empresa falida.

Segundo a Ação Civil Pública nº 980/2000, compelidas ao cumprimento imediato da obrigação imposta na ação, algumas das empresas arroladas no processo contrataram a empresa ERM Brasil Sul Ltda.. e Transforma Engenharia de Meio Ambiente Ltda.. para a retirada do material, sendo estas empresas especializadas no trato de passivos ambientais.

Em 09 de dezembro de 2009 é dada a sentença da ação civil pública 980/2000, sendo o total de 75 empresas condenadas no processo da ação civil pública e três pessoas físicas, que eram os sócios proprietários da empresa RECOBEM, todas condenadas a pagamentos indenizatórios, porém, as diversas empresas arroladas no processo apresentam contestações postergando a decisão final.

#### 4.1.1.1 Caracterização geral das unidades Guatupê e Xingu

Na unidade do Guatupê foram encontrados tambores em contato direto com o solo, alguns sem tampa e deteriorados. A 100 metros do local existe uma represa formada pelas águas do rio Itaqui, próximo de uma rede coletora da Sanepar, sendo

manancial que abastece a cidade de Curitiba. Nesta unidade encontrou-se borra de tinta enterrada diretamente no solo. No segundo, uma camada espessa de solo orgânico contendo borras de tintas, solventes, resinas (entre outras substâncias) as quais estavam depositadas. Mais de 1.777 toneladas estavam enterradas, a granel no Guatupê, equivalente a 10.100 tambores. Na figura 11, se encontra ilustrada a ação de retirada dos tambores da unidade Guatupê para coprocessamento, ao fundo observa-se a represa anteriormente citada.



FIGURA 11 - PRODUTOS ARMAZENADOS EM INSPEÇÃO E RETIRADA 2002  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP

Na unidade Xingu foram localizados 1770 tambores, sendo que maioria encontravam-se em adiantado estado de deterioração. Houve portanto a necessidade de recondicionar os resíduos em novos tambores a fim de serem transportados ao coprocessamento.

Abaixo são apresentadas fotografias, 12 e 13 sobre a situação do armazenamento dos produtos nas unidades da RECOBEM, na qual se percebe as condições inadequadas, agravando o risco de contaminação.



FIGURA 12 - PRODUTOS ARMAZENADOS EM INSPEÇÃO E RETIRADA 2002  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP



FIGURA 13 - PRODUTOS ARMAZENADOS EM INSPEÇÃO E RETIRADA 2002  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP

#### 4.1.1.2 Caracterização da unidade Barro Preto

O imóvel de Barro Preto está situado próximo ao rio Miringuava, que nasce na Serra do Mar e desagua no rio Iguaçu. É um dos maiores rios de São José dos Pinhais.

No entorno da unidade existem indústrias de pequeno e médio porte, pequenos comércios como bares e residências dos dois lados do terreno da antiga empresa e na maioria dos terrenos. Também observou-se pequenas propriedades agrícolas com cultivos de subsistência e pastos.

A escolha da propriedade do bairro Barro Preto para estudo de caso, foi em função da disponibilidade de informações existentes levantadas e confiáveis e com base no nível de concentração de poluentes.

A unidade Barro Preto, segundo arquivos, situava-se na rua Caroline Mengoti Ligori, 1961 bairro de Barro Preto, no município de São José dos Pinhais-Pr.

Em busca atual no GOOGLE, aparece como localizada na rua Hermenegildo Pauletto bairro Arujá, de CEP 83090-210.

A imagem de 2011 obtida do GOOGLE EARTH, figura 14, mostra vista geral da propriedade de Barro Preto da antiga RECOBEM, que é a maior em área das três unidades.



FIGURA 14 - VISTA AÉREA DA PROPRIEDADE DO BARRO PRETO  
FONTE: GOOGLE EARTH (2011).

Na fotografia 15 mostra o início da rua onde se encontra a antiga RECOBEM Barro Preto, avistando no alto à esquerda o pátio de concreto do local.



FIGURA 15 - ENTRADA DA RUA DA RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011  
FONTE: O AUTOR

Atualmente, contudo a rua da antiga instalação da RECOBEM no bairro de Barro Preto mudou de nome, sendo Rua Luciano Juliatto, conforme pode-se comprovar pela fotografia 16 registrada no local e confirmado com moradores vizinhos.



FIGURA 16 - PLACA COM NOVO NOME DA RUA DA PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011

FONTE: O AUTOR

O número do endereço não é conhecido, porém o terreno fica entre os números 798 e 541, conforme fotografias 17 e 18 respectivamente.



FIGURA 17 - PLACA COM NÚMERO DA PROPRIEDADE COM DIVISA À ESQUERDA DA PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011

FONTE: O AUTOR



FIGURA 18 - PLACA COM NÚMERO DA PROPRIEDADE COM DIVISA À DIREITA DA PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011  
FONTE: O AUTOR

As fotografias 19 a 22 mostram a propriedade de Barro Preto nos dias atuais, com os resíduos retirados apenas com pedaço de muro e cerca aberta e piso cimentado no pátio.



FIGURA 19 - PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011  
FONTE: O AUTOR



FIGURA 20 - PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011  
FONTE: O AUTOR

Na fotografia 21 percebemos restos de entulho de piso de pavimentação de origem desconhecida.



FIGURA 21 - PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011  
FONTE: O AUTOR



FIGURA 22 - PROPRIEDADE RECOBEM BARRO PRETO AGOSTO 2011  
FONTE: O AUTOR

De acordo com a matrícula do registro do imóvel da propriedade Barro Preto a área do terreno é de 7500 m<sup>2</sup>.

Conforme autos da ação civil pública 980/2000, foram encontrados na unidade de Barro Preto tambores em cima de estrados, sem cobertura de proteção e ainda, tambores enterrados com uma camada de cimento e brita e crostas de tinta de consistência plástica na superfície do solo. Nesta unidade foram mais de 248,77 toneladas de resíduos depositadas.

Este fato pode ser evidenciado pelas fotografias 23, 24 e 25 do depósito de Barro Preto antes da retirada dos tambores, quando foi feita a inspeção pelo IAP e Ministério Público, mostrando o armazenamento inadequado dos materiais.



FIGURA 23 - DEPÓSITO BARRO PRETO ANTES DA RETIRADA DOS TAMBORES  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.



FIGURA 24 - DEPÓSITO BARRO PRETO TAMBORES ARMAZENADOS SEM PROTEÇÃO  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

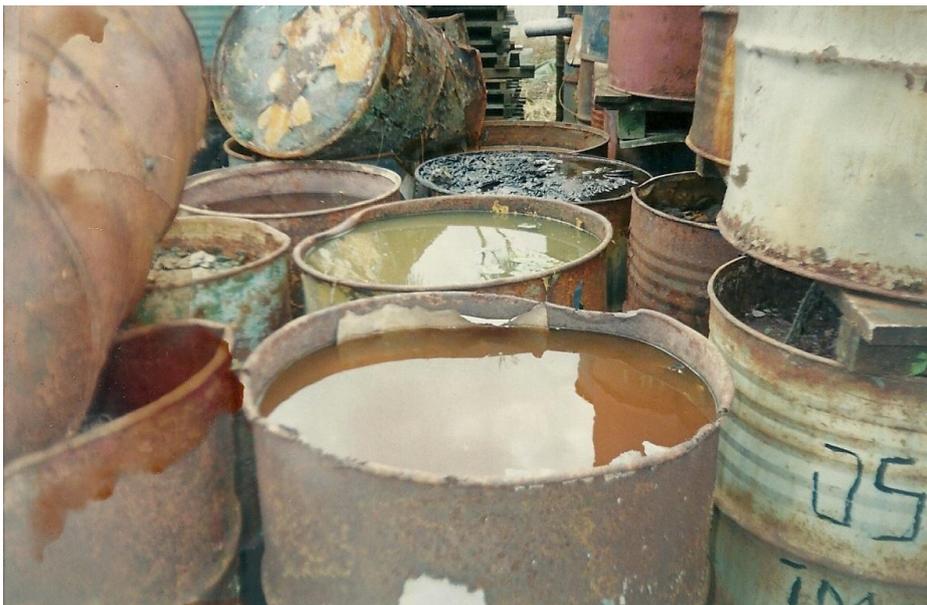


FIGURA 25 - DEPÓSITO BARRO PRETO TAMBORES ARMAZENADOS EM ESTADO DE DECOMPOSIÇÃO COM A PERDA DO MATERIAL PARA O SOLO

FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

Na fotografia 26 mostra o mesmo local com a retirada parcial dos tambores, podendo ser observado ao fundo, canto superior direito, um barracão onde continha lixo tóxico a granel enterrado.



FIGURA 26 - DEPÓSITO BARRO PRETO COM RETIRADA PARCIAL DOS TAMBORES AO FUNDO O DEPÓSITO SUBTERRÂNEO COBERTO

FONTE: Gilberto Neto, Jornal São José dos Pinhais Metrôpole, 1990.

Na fotografia 27 mostra o barracão onde foi descoberto por debaixo do piso de concreto o lixo tóxico a granel enterrado.



FIGURA 27 - DEPÓSITO BARRO PRETO BARRACÃO COM LIXO A GRANEL ENTERRADO  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

Naquela ocasião, em 2001 foi necessário demolir o piso para se chegar ao material enterrado. A fotografia 28 mostra a máquina retirando o piso do barracão para se chegar ao produto tóxico enterrado.



FIGURA 28 - PISO DO BARRACÃO DO DEPÓSITO BARRO PRETO SENDO DEMOLIDO  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

Na fotografia 29 mostra o material a granel enterrado no piso que foi retirado.



FIGURA 29 - MATERIAL ENTERRADO SOB O PISO DEMOLIDO NO BARRACÃO DO DEPÓSITO BARRO PRETO

FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

A fotografia 30 mostra com detalhe a profundidade em que estava enterrado o material, escavado pela máquina.



FIGURA 30 - MATERIAL ESCAVADO NO BARRACÃO DO DEPÓSITO BARRO PRETO

FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

A fotografia 31 mostra o material escavado encontrado enterrado.



FIGURA 31 - DEPÓSITO BARRO PRETO MATERIAL ENTERRADO  
FONTE: Gilberto Neto, Jornal São José dos Pinhais Metr pole, 1990.

Outra parte dos resíduos em tambor encontrado em Barro Preto estava enterrada em um tanque de concreto construído para esta finalidade. Na fotografia 32 é mostrado o tanque de concreto que tinha a finalidade de armazenar mais materiais tóxicos em tambor, sem prote o na parte de cima.



FIGURA 32 - TANQUE DE CONCRETO COM TAMBORES COM MATERIAL TÓXICO DO DEPÓSITO BARRO PRETO

FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

A fotografia 33 mostra o tanque de concreto no terreno próximo ao bosque de mata nativa.



FIGURA 33 - VISTA DO TANQUE DE CONCRETO NO TERRENO DO DEPÓSITO BARRO PRETO  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

A fotografia 34 mostra o detalhe do tanque de concreto já sem os resíduos encontrados.



FIGURA 34 - DETALHE DO TANQUE DE CONCRETO NO TERRENO DO DEPÓSITO BARRO PRETO  
FONTE: Juracy Araújo Coelho, IAP, 1990.

Segundo informações obtidas, ao se dar conhecimento da ação civil pública 980/2000, no dia 25 de agosto de 2011, no decorrer do período de fevereiro de 2001 a junho de 2002, a empresa Transforma Engenharia do Meio Ambiente Ltda. desenvolveu atividades de retirada, transporte e coprocessamento dos resíduos na indústria Companhia de Cimento Itambé de Balsa Nova-Pr.

Nos autos da ação civil pública constatou-se que o material tóxico encontrado em Barro Preto foi retirado em duas etapas, sendo a primeira de 07 a 30 de maio de 2001 e a segunda etapa de 20 de junho a 11 de setembro de 2001, com a remoção dos materiais a granel e em tambores.

Ao todo foram removidos 1.521 (um mil, quinhentos e vinte e um) tambores de 200 litros cada, além de 248,77 toneladas de material a granel.

O solo contaminado foi escavado e retirado, levando-o à fábrica de cimentos Itambé, visto na fotografia 25.



FIGURA 35 - SOLO CONTAMINADO DE BARRO PRETO NA FABRICA DE CIMENTO ITAMBÉ  
FONTE: Gilberto Neto, Jornal São José dos Pinhais Metrópole, 1990.

Na ação civil pública 980/2000 foram solicitados ensaios em amostras de solo na unidade de Barro Preto. As amostras do solo foram preparadas e ensaiadas pelo Laboratório de Mineralogia do Solo da Universidade Federal do Paraná.

O parecer técnico elaborado pelo Dr. Georges Kaskantzis Neto, Engenheiro Químico, ao Ministério Público, indicam que a propriedade de Barro Preto da falida RECOBEM está contaminada por metais pesados, sendo: alumínio, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinco e chumbo e contaminados por hidrocarbonetos como: tolueno, xilenos, etilbenzeno, fenol e benzeno. Esta análise foi baseada nos resultados dos laudos das amostras de solo ensaiadas pelo laboratório Frischmsnn Aisengart.

Neste parecer técnico, Kaskantzis avalia os teores de poluentes comparados com os valores da resolução do CONAMA nº 420 de dez. de 2009, mostrando que em diversos pontos da amostragem houve extrapolação ao valor de referência e conclui que o solo do sitio da RECOBEM localizado em Barro Preto está contaminado.

Segundo relatos do fiscal do IAP Juracy Araújo Coelho e do promotor Divonzir José Borges não houve monitoramento ou análise das águas subterrâneas da localidade do Barro Preto.

#### 4.2 MÉTODOS DE REMEDIAÇÃO

Na unidade de Barro Preto, objeto de estudo, foi confirmado impacto ambiental significativo no solo e água subterrânea, conforme análises da aplicação do método da Matriz RIAM.

Nesta seção apresentamos método de descontaminação do solo e água subterrânea e seus custos estimados. Estes valores servirão como variante de entrada para os métodos de valoração econômica do dano.

Existem algumas técnicas de remediação para descontaminação de água subterrânea e de solo contaminados, que podem ser divididas ou classificadas em relação a:

- local da execução do tratamento: *in-situ*, *ex-situ*: *on-site* e *off-site*;
- processo de tratamento: métodos térmicos, químicos, físicos e biológicos, processos activos e processos passivos.

Na técnica *in situ* o contaminante é tratado no próprio meio impactado e na técnica *ex situ* o contaminante é removido e tratado.

#### 4.2.1 Solo

A remediação do solo contaminado com metais pesados e hidrocarbonetos foi estudada, considerando, o levantamento do custo para remoção e coprocessamento dos resíduos em forno de cimenteira, por ser o método escolhido na época.

No caso do solo contaminado, não chamaremos de descontaminação a técnica utilizada, pois não estaremos descontaminando o solo, mas sim remediando, removendo e dando a ele uma destinação final.

Os serviços estão divididos em três etapas: Serviços Preliminares, que envolve toda análise inicial, custos diversos com burocracias e outros; Serviços de Remoção e Transporte; e Serviços de coprocessamento.

A etapa de Serviços Preliminares demonstrou a pesquisa de valores com o engenheiro químico Luciano Avila da empresa ECOREG do Brasil.

Os serviços de remoção e transporte foram calculados por consultas às empresas especializadas da região da cidade de Curitiba-Pr.

A última etapa de coprocessamento foi consultado os valores com o engenheiro ambiental Konrad F. Janzen da empresa ESSENCIS Soluções Ambientais.

Considerando as quantidades em Barro Preto de 248,77 toneladas de resíduos a granel, em aproximadamente 140 m<sup>3</sup> de solo contaminado, 1.521 tambores de 200 l cada, temos na tabela 10 os valores de remediação do solo.

TABELA 10 - ATRIBUIÇÃO DE VALORES REMEDIAÇÃO DO SOLO CONTAMINADO EM BARRO PRETO

Item	Descrição	Qtde	Preço Unitário (R\$)	Preço Item (R\$)
Consultoria Ambiental			Total R\$ 19.775,00	
01	Diretor (acompanhamento)	22,5 horas	210,00	4.725,00
02	Gerente (acompanhamento)	40 horas	150,00	6.000,00
03	Administração / Help Desk	18 horas	25,00	450,00
04	Viagens	1 unid.	2.000,00	2.000,00
05	Diretoria (relatório final)	10 horas	210,00	2.100,00
06	Gerente (relatório final)	15 horas	150,00	2.250,00
07	Montagem do Relatório	3 Unid.	750,00	2.250,00
Serviços Preliminares / Diversos			Total R\$ 22.000,00	
08	Custo Geofísico (Sondagem do solo e coleta de amostras) Mat. + M.O.	1 Unid.	20.000,00	20.000,00
09	Laudo de caracterização do solo (SEMA 76/09)	1 Unid.	1.500,00	1.500,00
10	Autorização do IAP p/ destinação dos resíduos (SEMA 76/09)	1 Unit.	500,00	500,00
Mão de Obra			Total R\$ 8.000,00	
11	Mão de Obra para auxílio das atividades	1 unid.	8.000,00	8.000,00
Serviços de Remoção e Transporte			Total R\$ 25.920,00	
12	Escavação e retirada de solo (Maq. + M.O.)	24 h	80,00	1.920,00
13	Transporte material a granel: 12,5 toneladas/ viagem. Inclui carga e descarga.	20 viagens	400,00	8.000,00
14	Transporte material em tambor: 168 tambores/ viagem. Inclui carga e descarga.	10 viagens	500,00	5.000,00
	Material de escoramento e EPI	1 Unit.	11.000,00	11.000,00
Serviços de Coprocessamento			Total R\$ 209.020,00	
15	Coprocessamento dos resíduos com empresa especializada.(líquidos, borras, solos, etc.	522,55 toneladas	400,00	209.020,00
Recuperação do Local			Total R\$ 39.300,00	
16	Geomembrana para proteção do local escavado	Unit.	2.500,00	2.500,00
17	Material de reposição do Solo com características impermeável. Entregue e colocado. Mat. + M.O.	140 m <sup>3</sup>	120,00	16.800,00
18	Avaliação da performance da reposição e serviços, com monitoramento	Unit.	20.000,00	20.000,00
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>324.015,00</b>

Fonte: O autor

Os dados da tabela 10 indicam que o custo da remediação e recuperação do solo da propriedade de Barro Preto afetada da RECOBEM é R\$ 324.015,00.

#### 4.2.2 Água Subterrânea

A remediação da água subterrânea considerou a contaminação por hidrocarbonetos apenas, uma vez que a contaminação do solo com metais pesados não atingiria o lençol freático, pois estes materiais possuem baixa mobilidade, diferentemente dos hidrocarbonetos.

O custo de recuperação da água subterrânea, tabela 11, foi levantado com empresa especializada para este fim, como a empresa ECOREG do Brasil atuante na cidade de Curitiba e estados vizinhos, incluindo valores pesquisados.

TABELA 11 - ATRIBUIÇÃO DE VALORES REMEDIAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTAMINADA EM BARRO PRETO

Item	Descrição	Qtde	Preço Unitário (R\$)	Preço Item (R\$)
<b>Consultoria Ambiental</b>				
01	Diretor (acompanhamento) 4h/mês	144 horas	210,00	30.240,00
02	Gerente (acompanhamento) 12h/mês	432 horas	150,00	64.800,00
03	Administração / Help Desk 2h/mês	72 horas	25,00	1.800,00
04	Viagens	1 unid.	5.000,00	5.000,00
05	Diretoria (relatório final)	10 horas	210,00	2.100,00
06	Gerente (relatório final)	15 horas	150,00	2.250,00
07	Montagem do Relatório	3 Unid.	750,00	2.250,00
Total Etapa				108.440,00
<b>Serviços Preliminares / Diversos</b>				
08	Custo Análises da água	1 Unid.	20.000,00	20.000,00
09	Laudo de caracterização da água	1 Unid.	1.500,00	1.500,00
10	Autorização do IAP para o serviço	1 Unit.	500,00	500,00
Total Etapa				22.000,00
<b>Mão de Obra</b>				
11	Mão de Obra para auxilio das atividades	36 meses	2.000,00	72.000,00
Total Etapa				72.000,00
<b>Remediação da água subterrânea</b>				
12	Serviço de descontaminação de água subterrânea por Air Strippin	36 meses	20.000,00	720.000,00
13	Avaliação da performance e monitoramento	Unit.	20.000,00	20.000,00
Total Etapa				740.000,00
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>942.400,00</b>

Fonte: O autor

Os dados da tabela 11 indicam que o custo da remediação e recuperação da água subterrânea da propriedade de Barro Preto afetada da RECOBEM é R\$ 942.400,00.

### 4.3 AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS

Neste item foram avaliados os métodos de avaliação de impactos pela metodologia proposta por Pastakia. Em função da determinação dos impactos relevantes levantados pelo método de Pastakia estes foram valorados através dos quatro métodos de valoração financeira – CATE, VCP, AHE e DEPRN.

#### 4.3.1 Método de Avaliação de Impactos por Pastakia

O modelo de Matriz RIAM, é adequado para estudos de impactos ambientais onde seja possível destacar uma equipe multidisciplinar, pois a matriz permite que os avaliadores rapidamente possam apresentar seus julgamentos. A objetividade passa a ser assegurada por meio do conjunto de critérios definidos em escalas que fornecem uma base para avaliação.

Esse sistema foi testado em estudos de rios, em projetos de engenharia e turismo onde possibilitou fornecer uma base rápida e reprodutível para avaliação das condições de mudanças e comparação de impactos (PASTAKIA, 2001).

Uma alteração no meio ambiente em estudo pode sofrer variações com o passar do tempo, e sua análise de significância pode também variar para os diversos componentes afetados. A Matriz RIAM permite deixar registrada as análises destes componentes e depois de um tempo qualquer, poderá ser reavaliado conforme as alterações envolvidas ou novos dados disponíveis.

Os critérios definidos para avaliação evitam os julgamentos subjetivos do avaliador, sua escala de valores numéricos e alfanuméricos permite classificar o impacto ambiental por faixas.

As vantagens acima citadas aliado à praticidade da Matriz RIAM foi determinante para sua escolha na aplicação ao estudo de caso de Barro Preto.

O método proposto por Pastakia apresenta 4 categorias de componentes a serem avaliados aos quais são analisados e incluídos os diversos aspectos divididos nos quatro componentes:

- Química/Física: Compreende todos os aspectos físicos e químicos do meio ambiente, incluindo recursos finitos, naturais, degradação do meio físico e poluição;
- Biológica/Ecológica: Compreende todos os aspectos biológicos do ambiente, incluindo recursos naturais renováveis, conservação da biodiversidade, interações entre espécies e poluição da biosfera;
- Sociológico/Cultural: Compreende os aspectos humanos do ambiente, incluindo questões sociais e culturais que afetam indivíduos e comunidades, incluindo a conservação do patrimônio e o desenvolvimento humano.
- Econômico/Operacional: identifica qualitativamente as consequências econômicas das mudanças ambientais, tanto as temporárias quanto as permanentes, e o gerenciamento do projeto e suas atividades.

Os aspectos divididos nos 4 grupos de componentes foram avaliados segundo critérios de avaliação dos impactos, que são divididos em dois grupos A e B. Os critérios do grupo A são utilizados para avaliar a importância e magnitude da alteração sofrida pelos componentes ambientais. Os critérios do grupo B estão relacionados com os efeitos que as alterações ocorridas provocam na população que habita na área de influência direta e nas fronteiras da região afetada pelo dano ambiental.

Critérios de avaliação dos impactos segundo divisão dos grupos:

Grupo A – Avalia a extensão geográfica dos grupos afetados

- A1=Importância da mudança - Estima a importância da extensão geográfica do problema e dos interesses que o problema pode afetar.
- A2= Magnitude da mudança - Estima os benefícios ou gravidade do problema.

Grupo B – Avalia a Estabilidade do problema

- B1= Permanência da mudança - Define se o problema é permanente ou temporário.

- B2= Reversibilidade - Define se os problemas são reversíveis e se existem ações corretivas capazes de reduzir alterar ou evitar o problema.
- B3= Acúmulo - Determina se o impacto será único ou cumulativo ao longo do tempo, com base na sinergia do efeito.

Cada aspecto dos componentes analisados a eles são atribuídos valores aos critérios de acordo com a tabela 12, que demonstra de forma completa e objetiva a atribuição de valores para os critérios proposto por Pastakia.

TABELA 12 - ATRIBUIÇÃO DE VALORES PARA OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POR PASTAKIA

Grupo	Critério		Avaliação	Valores
A	A1	Importância da mudança (extensão geográfica dos grupos afetados)	Internacional	4
			Nacional	3
			Regional (Bacia, Estado)	2
			Local (Sub-bacia, município)	1
			Nenhuma/ Pouca	0
	A2	Magnitude da mudança	Benefícios positivos	3
			Melhora significativa no estado	2
			Melhora no estado	1
			Nula/ Sem mudança	0
			Variação negativa no estado	-1
			Mudança negativa considerável no estado	-2
			Significativa mudança no estado (negativa)	-3
	B	B1	Permanência da mudança	Sem mudança/ Não Aplicável
Temporário				2
Permanente				3
B2		Reversibilidade	Sem mudança/ Não aplicável	1
			Reversível	2
			Irreversível	3
B3		Acúmulo	Nenhuma mudança	1
			Não cumulativa/ Isolada	2
			Cumulativa/ Sinérgico	3

Fonte: Adaptado de Pastakia, 2001

Após atribuir valores aos diferentes critérios associados aos aspectos levantados é aplicada a fórmula abaixo, chegando-se ao valor do Índice ambiental (ES) de cada um dos componentes levantados.

$$(ES) = (A1 \times A2) \times (B1 + B2 + B3)$$

O resultado obtido do Índice Ambiental (ES) é comparado na tabela 13 com sua faixa de intervalo de valor, chegando assim a um resultado alfanumérico e na classificação do impacto ambiental que vai de extremamente positivo à extremamente negativo.

TABELA 13 - ESCALA DE VALORES NUMÉRICOS E ALFANUMÉRICOS – AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

<b>Pontuação Ambiental (Faixa de valor) (ES)</b>	<b>Faixa de valor Alfabética (RV)</b>	<b>Faixa de valor Numérica (RV)</b>	<b>Classe de Impacto Ambiental</b>
108 A 72	E	05	Extremamente Positivo
71 A 36	D	04	Significativamente Positivo
35 A 19	C	03	Moderadamente Positivo
10 A 18	B	02	Pouco Positivo
01 A 9	A	01	Muito Pouco Positivo
Zero	N	0	Inalterado
-01 a -09	-A	-01	Muito Pouco Negativo
-10 a -18	-B	-02	Pouco Negativo
-19 a -35	-C	-03	Moderadamente Negativo
-36 a -71	-D	-04	Significativamente Negativo
-72 a -108	-E	-05	Extremamente Negativo

Fonte: Pastakia (2001, p. 17)

Uma forma de registrar os componentes levantados e registrar a atribuição de valores a estes, segundo os critérios definidos na tabela 14, Pastakia apresenta a Matriz RIAM - Rapid Impact Assessment Matrix, ou Matriz de Rápida Avaliação do Impacto.

Conforme pode ser observado na tabela 14, a Matriz RIAM de Pastakia é composta por células que apresenta os critérios utilizados. Dentro de cada célula é incluída as pontuações individuais estabelecidas pelos critérios, e em seguida, o ES é calculado e registrado.

TABELA 14 - MATRIZ RIAM

Opção de Projeto				
<b>Componentes Química/Física</b>				
P/C	P/C	P/C	P/C	.....→
A1	A1	A1	A1	.....→
A2	A2	A2	A2	.....→
B1	B1	B1	B1	.....→
B2	B2	B2	B2	.....→
B3	B3	B3	B3	.....→
<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	.....→
RV	RV	RV	RV	.....→
<b>Componentes Biológica/Ecológica</b>				
B/E	B/E	B/E	B/E	.....→
A1	A1	A1	A1	.....→
A2	A2	A2	A2	.....→
B1	B1	B1	B1	.....→
B2	B2	B2	B2	.....→
B3	B3	B3	B3	.....→
<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	.....→
RV	RV	RV	RV	.....→
<b>Componentes Sociológico/Cultural</b>				
S/C	S/C	S/C	S/C	.....→
A1	A1	A1	A1	.....→
A2	A2	A2	A2	.....→
B1	B1	B1	B1	.....→
B2	B2	B2	B2	.....→
B3	B3	B3	B3	.....→
<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	.....→
RV	RV	RV	RV	.....→
<b>Componentes Econômico/Operacional</b>				
E/O	E/O	E/O	E/O	.....→
A1	A1	A1	A1	.....→
A2	A2	A2	A2	.....→
B1	B1	B1	B1	.....→
B2	B2	B2	B2	.....→
B3	B3	B3	B3	.....→
<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	<b>ES 0</b>	.....→
RV	RV	RV	RV	.....→

Fonte: Pastakia, 2001, p. 16

Após o registro na Matriz RIAM e cálculo dos valores de ES, tem-se o resultado do Índice Ambiental, que comparado na Tabela 13 com a escala de valores chegamos à faixa de valor alfabética (RV) e faixa de valor numérica (RV), determinando desta forma, a classe de impacto ambiental que vai de extremamente positivo a extremamente negativo.

#### 4.3.1.1 Proposta de alterações no método de Pastakia

Nesta seção encontram-se os resultados da análise estatística descritiva básica da proposta de alteração do método de Pastakia, bem como outras análises realizadas.

Os componentes do sistema ambiental proposto do Pastakia não descrevem claramente seus fatores ambientais envolvidos, desta forma houve a necessidade de substituir os componentes propostos por Pastakia pela estrutura do Sistema Ambiental proposto por Oréa (2001), este subdividido em Subsistemas, Componentes e Fatores. Na tabela 15 é apresentada os 3 subsistemas proposto por Oréa.

Esta nova estrutura do sistema ambiental é incluída na Matriz RIAM, ampliando desta forma a aplicação do método de Pastakia ao estudo de caso de Barro Preto.

A Matriz RIAM foi redesenhada em novo formato para melhor compreensão e aplicação em campo para o presente estudo de campo, atribuindo os valores de cada critério de avaliação, o valor do índice ambiental (ES) e o valor numérico (RV) para cada fator. A tabela 15 apresenta o novo formato da matriz RIAM.

Os fatores elencados por Orea não devem ser estanques, mas sim serem levantados novos fatores a partir de cada caso estudado.

TABELA 15 - PROPOSTA DE MATRIZ RIAM COM COMPONENTES DEFINIDOS POR ORÉA

COMPONENTES	FATORES	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO					PONT. AMB. (ES)	VALOR ALFAB. (RV)	VALOR NUM. (RV)
		A1	A2	B1	B2	B3			
<b>1) SUBSISTEMA FÍSICO NATURAL</b>									
MEIO INERTE	Ar								
	Água								
	Solo								
	Serviços Ecosistêmicos								
MEIO BIÓTICO	Vegetação								
	Fauna								
	Proc. Meio Biótico								
MEIO PERCEPTUAL	Componentes Singulares								
	Paisagem								
USO DO SOLO	Recreativo								
	Produtivo								
	Viário Rural								
<b>2) SUBSISTEMA SÓCIO ECONÔMICO</b>									
POPULAÇÃO	Características Culturais								
	Estrutura da População								
	Renda								
	Atividades e Relações Econômicas								
<b>3) SUBSISTEMA NÚCLEO E INFRAESTRUTURA</b>									
INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS	Atividades Urbanas								
	Elementos Urbanos								

Fonte: O Autor.

Os critérios de avaliação (A1, A2, B1, B2, B3) são mantidos, porém os valores a eles atribuídos serão modificados para melhor atender ao presente caso de acidente ambiental. Os valores propostos por Pastakia levam em conta impactos positivos, pois, é um método usual para avaliação de impactos ambientais em EIA (estudo de impactos ambientais) onde pode haver impactos prejudiciais ou benéficos.

Quanto ao estudo de valoração econômica de impactos ambientais de acidentes ambientais, em geral não teremos impactos positivos, somente impactos negativos. A partir de uma análise preliminar percebeu-se que no presente caso não houve impacto benéfico, desta forma, para este caso foram suprimidos os critérios de avaliação (A1, A2, B1, B2, B3) as avaliações positivas ou nulas, ficando assim todos os critérios com valores de 1 a 3.

Nas avaliações dos critérios também foram propostas alterações, pois para o presente estudo as avaliações são muito amplas, restringindo desta forma a aplicação para este estudo.

O critério acumulação (B3) determina se o impacto será cumulativo ao longo do tempo. Este critério atende bem a avaliação para os fatores do subsistema físico natural. Por outro lado para os subsistemas socioeconômicos e núcleo e infraestrutura o critério acúmulo não é aplicável em definição, não fica claro sua aplicação. Portanto, para aplicar o critério acúmulo (B3) nos subsistemas socioeconômicos e núcleo infraestrutura vamos alterar a conotação desse critério para a progressividade dos efeitos negativos para os componentes estudados, sem perder a essência do significado do critério original.

Desta forma usaremos a seguinte escala adaptada de Pastakia, apresentada na tabela 16.

TABELA 16 - ATRIBUIÇÃO DE VALORES PARA OS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POR PASTAKIA

Grupo	Critério		Avaliação	Valores
A	A1	Importância da mudança (extensão geográfica dos grupos afetados)	Local (direto)	1
			Outros terrenos (indireto)	2
			No município	3
	A2	Magnitude da mudança	Pequena variação no estado	1
			Considerável variação no estado	2
			Significativa variação no estado	3
B	B1	Permanência da mudança	Sem mudança/ Não Aplicável	1
			Temporário	2
			Permanente	3
	B2	Reversibilidade	Sem mudança/ Não aplicável	1
			Reversível	2
			Irreversível	3
	B3	Acúmulo (utilizado no subsistema 1)	Nenhuma mudança	1
			Não cumulativa/ Isolada	2
			Cumulativa/ Sinérgico	3
	B3	Progressividade (utilizado no subsistema 2 e 3)	Nenhuma mudança	1
			Não Progressiva (estável)	2
			Efeitos Progressivos	3

Fonte: Adaptado de Pastakia, 2001

As alterações apresentadas mudam a pontuação máxima e mínima do índice ambiental – ES, sendo variado de 3 até 81. Se todos os critérios tiverem pontuação mínima igual a 1 teremos  $ES = (1 \times 1) \times (1 + 1 + 1) = 3$  e se tivermos todos os critérios com pontuação máxima de 3 teremos  $ES = (3 \times 3) \times (3 + 3 + 3) = 81$ .

O método de Pastakia prevê que os critérios A1 e A2 (importância e magnitude) podem ter valores atribuídos igual a 0 (zero), ou seja, sem importância ou de importância nula e magnitude nula, o que levaria ao valor do Índice Ambiental (ES) ser igual a zero, anulando toda a fórmula, pois o segundo conjunto de critérios (B) é multiplicado ao primeiro (A). Os valores de A1 e A2 por serem multiplicados entre si um destes critérios sendo nulo já anulava toda a fórmula.

Para acidentes ambientais, e mais especificamente no estudo de caso em questão, os impactos são negativos e, portanto sempre terão valores dos critérios A1 e A2 atribuídos não nulos vamos alterar a fórmula proposta por Pastakia de multiplicar os critérios A1 e A2 para adicionarmos os dois critérios, permanecendo inalterado o restante da fórmula, sendo proposto:

$$ES = (A1+A2) \times (B1+B2+B3)$$

Os valores de ES, desta forma, sofrerão variação de 6 a 54, ou seja, Se todos os critérios tiverem pontuação mínima igual a 1 teremos  $ES = (1+1) \times (1+1+1) = 6$  e se tivermos todos os critérios com pontuação máxima de 3 teremos  $ES = (3+3) \times (3+3+3) = 54$ .

O fator serviços ecossistêmicos foi incluído no componente meio biótico e retirado do meio inerte como originalmente, por ser considerado os serviços biológicos que o meio proporciona à comunidade no caso estudado.

Na tabela 17 apresentamos os resultados de ES para os critérios analisados para o presente estudo de caso de Barro Preto com os valores de ES original de Pastakia, sendo  $ESM = (A1 \times A2) \times (B1+B2+B3)$  e os resultados com ES proposto, sendo  $ESA = (A1+A2) \times (B1+B2+B3)$ .

TABELA 17 - VALORES ATRIBUÍDOS AOS CRITÉRIOS PARA OS SUBSISTEMAS E RESULTADOS DOS IMPACTOS POR ESM E ESA

COMPONENTES	FATORES	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO					ESM	ESA
		A1	A2	B1	B2	B3	(A1xA2)	(A1+A2)
<b>SUBSISTEMA FÍSICO NATURAL</b>								
MEIO INERTE	Ar	1	2	2	2	2	12	18
	Água	2	2	3	3	3	36	36
	Solo	1	2	3	3	3	18	27
MEIO BIÓTICO	Serviços Ecosist.	3	3	3	3	3	81	54
	Vegetação	1	1	3	3	3	9	18
	Fauna	1	1	2	2	2	6	12
	Proc. Meio Biótico	-	-	-	-	-	0	0
MEIO PERCEPTUAL	Componentes Singulares	-	-	-	-	-	0	0
	Paisagem	1	1	3	3	1	7	14
USO DO SOLO	Recreativo	-	-	-	-	-	0	0
	Produtivo	1	2	2	2	1	10	15
	Viário Rural	-	-	-	-	-	0	0
<b>SUBSISTEMA SÓCIO ECONÔMICO</b>								
POPULAÇÃO	Características Culturais	-	-	-	-	-	0	0
	Estrutura da População	1	2	3	2	2	14	21
	Renda	-	-	-	-	-	0	0
	Atividades e Relações Econômicas	1	1	2	2	2	6	12
<b>SUBSISTEMA NÚCLEO E INFRAESTRUTURA</b>								
INFRAEST. E SERVIÇOS	Atividades Urbanas	-	-	-	-	-	0	0
	Elementos Urbanos	-	-	-	-	-	0	0

Fonte: O Autor

Os valores atribuídos aos critérios definidos por Pastakia são de acordo com os valores estabelecidos na tabela 16 e tem suas respostas conforme a análise feita

para o acidente ambiental do estudo de caso de Barro Preto da antiga Indústria RECOBEM.

Na figura 36 apresentamos o gráfico comparativo entre o resultado de ESM e ESA.

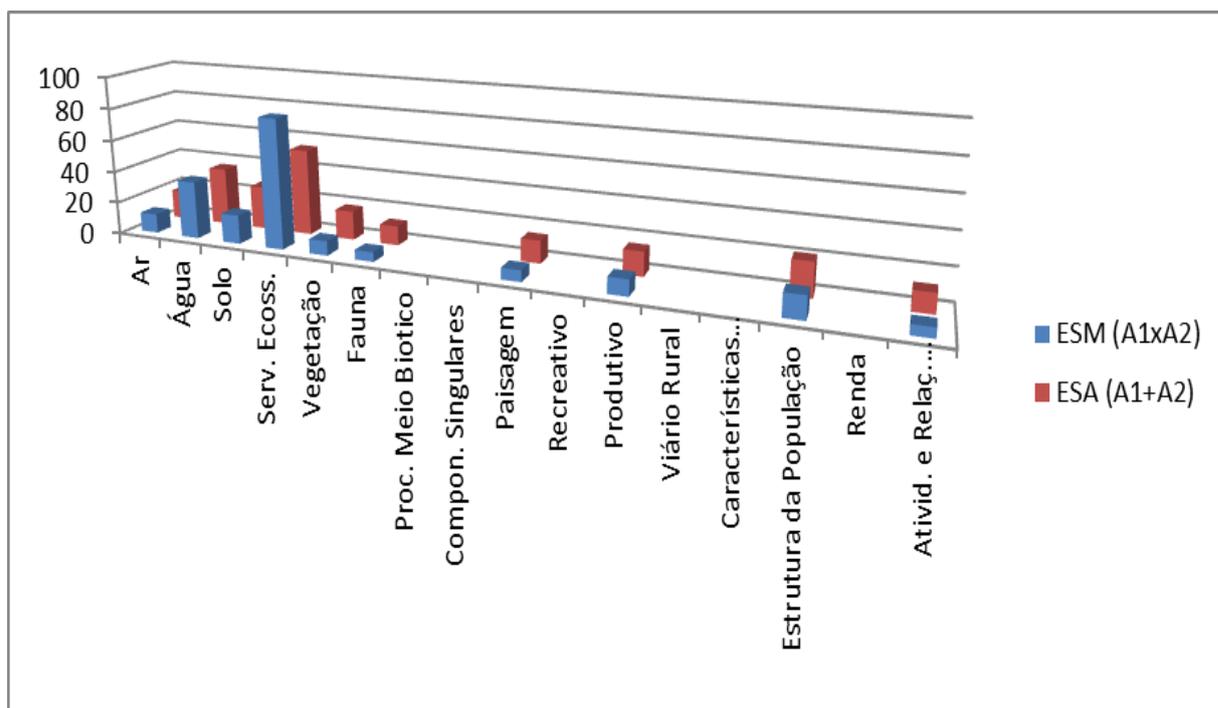


FIGURA 36 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DE ESM E ESA

FONTE: O autor

A escolha de se usar o método de Pastakia alterado somando os critérios A1 e A2 ao contrário de se multiplicar está baseada na análise estatística apresentada a seguir.

Inicialmente foram tratados os dados que serão analisados, sendo que aos dados alfabéticos foram atribuídos valores numéricos para ampliar análise, tendo sido obtidos e utilizados os conjuntos de dados que estão apresentados nas tabelas 18 e 19.

TABELA 18 - ATRIBUIÇÃO DE VALORES E CONJUNTO DE DADOS PARA TRATAMENTO ESTATÍSTICO

	SUBSISTEMA	COMP	FATOR	A1A	A2A	B1B	B2B	B3B	ESM	ESA
1	FN	INERTE	AR	1	2	2	2	2	12	18
2	FN	INERTE	AG	2	2	3	3	3	36	36
3	FN	INERTE	SL	1	2	3	3	3	18	27
4	FN	BIÓTICO	SEC	3	3	3	3	3		54
5	FN	BIÓTICO	VG	1	1	3	3	3	9	18
6	FN	BIÓTICO	FN	1	1	2	2	2	6	12
7	FN	BIÓTICO	PB	0	0	0	0	0		
8	FN	PERCEPTUAL	CP	0	0	0	0	0		
9	FN	PERCEPTUAL	OS	1	1	3	3	1	7	14
10	FN	USOLO	RC	0	0	0	0	0		
11	FN	USOLO	PR	1	2	2	2	1	10	15
12	FN	USOLO	VR	0	0	0	0	0		
13	SE	POPULAÇÃO	CU	0	0	0	0	0		
14	SE	POPULAÇÃO	EP	1	2	3	2	2	14	21
15	SE	POPULAÇÃO	RD	0	0	0	0	0		
16	SE	POPULAÇÃO	AT	1	1	2	2	2	6	12

Fonte: O Autor

TABELA 19 - ATRIBUIÇÃO DE VALORES E CONJUNTO DE DADOS PARA TRATAMENTO ESTATÍSTICO (CONTINUAÇÃO)

RESMA	CODGA	CODGA1	CDG1	CDG2	CDG3	GRUPOA	GRUPOB	RGRAB
0,67	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	3	6	9
1	0,0625	0,125	0,0625	0,125	0,125	4	9	13
0,67	0,0625	0,1875	0,0625	0,1875	0,1875	3	9	12
1,5	0,0625	0,25	0,0625	0,25	0,25	6	9	15
0,5	0,0625	0,3125	0,0625	0,3125	0,0625	2	9	11
0,5	0,0625	0,375	0,0625	0,375	0,125	2	6	8
	0,0625	0,4375	0,0625	0,4375	0,1875			
	0,0625	0,5	0,0625	0,5	0,0625			
0,5	0,0625	0,5625	0,0625	0,5625	0,125	2	7	9
	0,0625	0,625	0,0625	0,625	0,0625			
0,67	0,0625	0,6875	0,0625	0,6875	0,125	3	5	8
	0,0625	0,75	0,0625	0,75	0,1875			
	0,0625	0,8125	0,0625	0,8125	0,0625			
0,67	0,0625	0,875	0,0625	0,875	0,125	3	7	10
	0,0625	0,9375	0,0625	0,9375	0,1875			
0,5	0,0625	1	0,0625	1	0,25	2	6	8

Fonte: O Autor

A primeira coluna é numerada de 1 a 16 os fatores propostos por Orea que foram analisados, descritos por códigos na coluna Fatores, que provem dos

componentes e subsistemas respectivamente descritos nas colunas Comp. e Subsistema. Os critérios A1, A2, B1, B2 e B3, analisados segundo Pastakia, tem seus resultados nas colunas A1A, A2A, B1B, B2B e B3B respectivamente.

A coluna ESM e ESA mostra os resultados dos valores de ES, sendo ESM a fórmula original de Pastakia onde se multiplica os critérios A1 e A2,  $ESM = (A1 \times A2) \times (B1 + B2 + B3)$  e ESA a proposta de alteração da fórmula somando os critérios A1 e A2, sendo  $ESA = (A1 + A2) \times (B1 + B2 + B3)$ .

Com o propósito de ampliar o conjunto de dados para melhorar a análise, foram acrescentados à análise estatística outros conjuntos, sendo a coluna RESMA que é a razão entre os dados do resultado ESM por ESA, a coluna CODGA que é a representação numérica proporcional dos 16 fatores estudados, tendo sido atribuídos valores proporcionais de cada um dos 16 fatores (1/16). A coluna CODGA1 tem a somatória acumulativa dos valores da coluna anterior. A coluna CDG3 atribui a somatória acumulativa da coluna CDG1 por componente (Inerte, Biotico, Perceptual, Uso do Solo e População).

As colunas GRUPO A, GRUPO B e RGRAB apresentam respectivamente valores da somatória dos critérios A1 e A2, somatório dos critérios B1, B2 e B3 e a razão entre estes dois grupos  $(A1 + A2 / B1 + B2 + B3)$ .

Após tratamento dos dados, estes foram calculados as estatísticas do conjunto todo, utilizando o software Statistica da Statsoft Inc. versão 8.0. Os resultados se encontram ilustrados nas figuras 37 e 38..

Variable	Descriptive Statistics (JULIO5.sta)						
	Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Sum	Minimum
CODGA	16	0,06250	0,06250	,0625000	16	1,0000	0,06250
CODGA1	16	0,53125	0,53125	Multiple	1	8,5000	0,06250
CDG1	16	0,06250	0,06250	,0625000	16	1,0000	0,06250
CDG2	16	0,53125	0,53125	Multiple	1	8,5000	0,06250
CDG3	16	0,13672	0,12500	Multiple	5	2,1875	0,06250
A1A	16	0,81250	1,00000	1,000000	8	13,0000	0,00000
A2A	16	1,06250	1,00000	0,000000	6	17,0000	0,00000
B1B	16	1,62500	2,00000	Multiple	6	26,0000	0,00000
B2B	16	1,56250	2,00000	0,000000	6	25,0000	0,00000
B3B	16	1,37500	1,50000	0,000000	6	22,0000	0,00000
ESM	9	13,11111	10,00000	6,000000	2	118,0000	6,00000
ESA	10	22,70000	18,00000	Multiple	2	227,0000	12,00000
RESMA	10	0,71667	0,66667	Multiple	4	7,1667	0,50000
GRUPOA	10	3,00000	3,00000	Multiple	4	30,0000	2,00000
GRUPOB	10	7,30000	7,00000	9,000000	4	73,0000	5,00000
RGRAB	10	10,30000	9,50000	8,000000	3	103,0000	8,00000

FIGURA 37 - RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS ATRIBUIDOS  
 FONTE: O autor

Variable	Descriptive Statistics (JULIO5.sta)					
	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error	Skewness	Kurtosis
CODGA	0,06250	0,0000	0,00000	0,000000		
CODGA1	1,00000	0,0885	0,29756	0,074390	0,000000	-1,20000
CDG1	0,06250	0,0000	0,00000	0,000000		
CDG2	1,00000	0,0885	0,29756	0,074390	0,000000	-1,20000
CDG3	0,25000	0,0043	0,06543	0,016357	0,375156	-0,94786
A1A	3,00000	0,6958	0,83417	0,208542	1,178292	1,95232
A2A	3,00000	0,9958	0,99791	0,249479	0,321651	-1,13670
B1B	3,00000	1,8500	1,36015	0,340037	-0,300899	-1,86420
B2B	3,00000	1,7292	1,31498	0,328744	-0,255235	-1,79956
B3B	3,00000	1,5833	1,25831	0,314576	0,093215	-1,72210
ESM	36,00000	89,3611	9,45310	3,151034	2,104330	4,88558
ESA	54,00000	176,2333	13,27529	4,198015	1,740528	2,88382
RESMA	1,50000	0,0991	0,31476	0,099536	2,058630	4,37256
GRUPOA	6,00000	1,5556	1,24722	0,394405	1,718108	3,41764
GRUPOB	9,00000	2,4556	1,56702	0,495536	0,030320	-1,80639
RGRAB	15,00000	5,7889	2,40601	0,760847	0,875925	-0,17511

FIGURA 38 - RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS ATRIBUIDOS  
 (CONTINUAÇÃO)

FONTE: O autor

Os dados da primeira coluna da tabela acima mostram que na sua grande maioria foram considerados válidos na análise estatística.

Dos 16 dados analisados o grupo de valores ESM que representa a resposta da metodologia apresentada por Pastakia (ES), não foram considerados sete dados, indicando que os valores nulos não tem significância estatística.

Comparando-se a média entre o grupo ESM e ESA, este representa a metodologia de Pastakia alterada (A1+A2), percebe-se uma diferença de aproximadamente 58%, apesar de o método ser o mesmo.

A média do valor ESM de 13,10 +- 9,45 de desvio, variando de 22,55 a 3,65, já para o ESA temos a média de 22,7 +- 13,27 de desvio padrão, variando de 35,97 a 9,43. Desta forma percebe-se uma amplitude maior dos resultados para ESA, quando se adiciona os critérios A1 e A2, proposto neste trabalho, dando uma maior visibilidade de comparação dos resultados, melhorando a análise do estudo de caso proposto.

Ainda comparamos também os valores das variâncias as quais indicam que o intervalo de valores estabelecidos para o ESM se encontra localizado no interior do segundo, significando que houve o aumento do intervalo de valores do método proposto, o que permite avaliar de forma mais adequada os impactos que incorrem nos fatores dos subsistemas ambientais.

Analisando o erro padrão, o ESM é de 3,15 para seu valor médio que é de 13,11 representando um erro de 24% da sua média. Já o ESA tem um erro de 4,2 para o valor médio de 22,7, representando 18,5% do erro com relação a sua média, significando que o resultado ESA proposto neste trabalho apresenta um erro menos significativo que o resultado ESM original do método de Pastakia.

Apresentamos na figura 39 os gráficos de distribuição normal para os resultados de ESM e na figura 40 para os resultados de ESA.

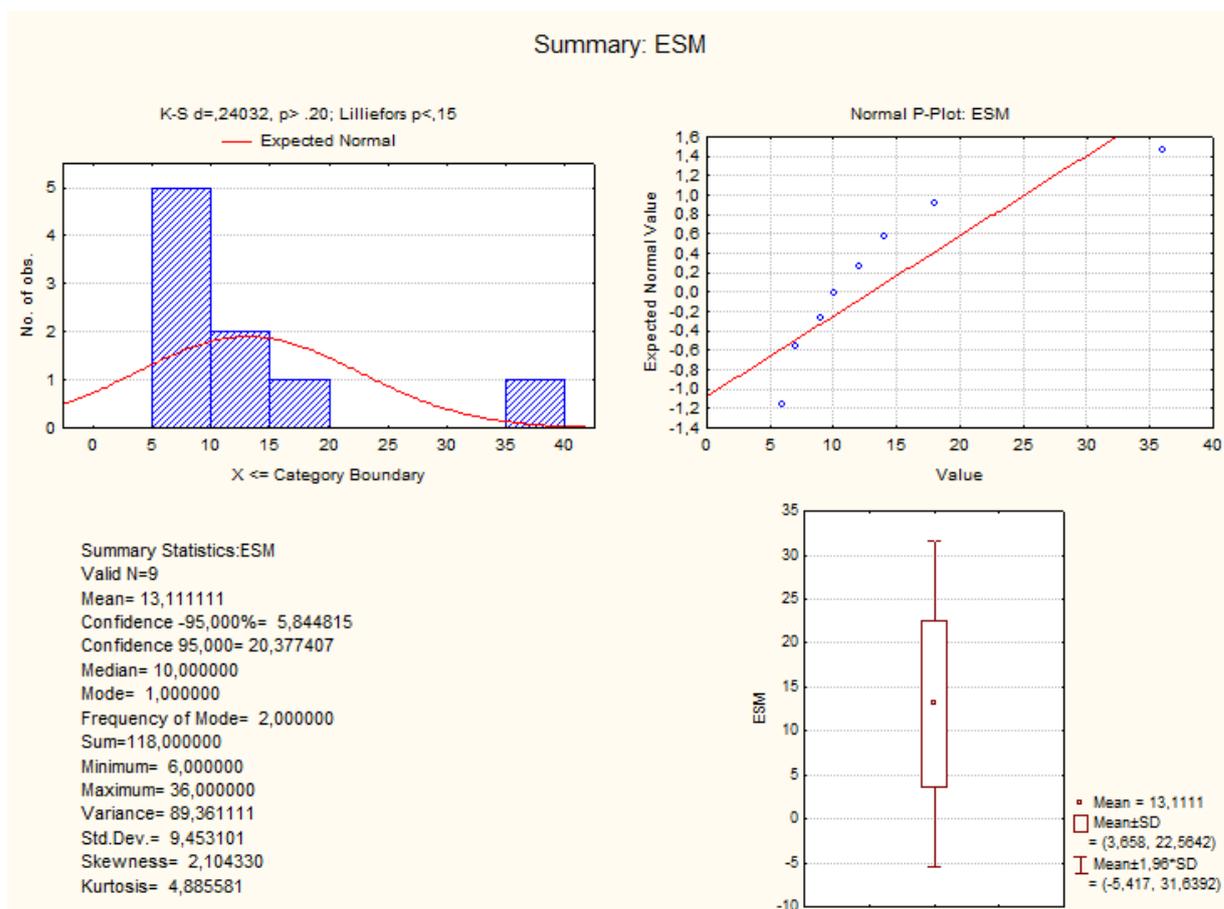


FIGURA 39 - GRÁFICOS DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL E RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA ESM

FONTE: O autor

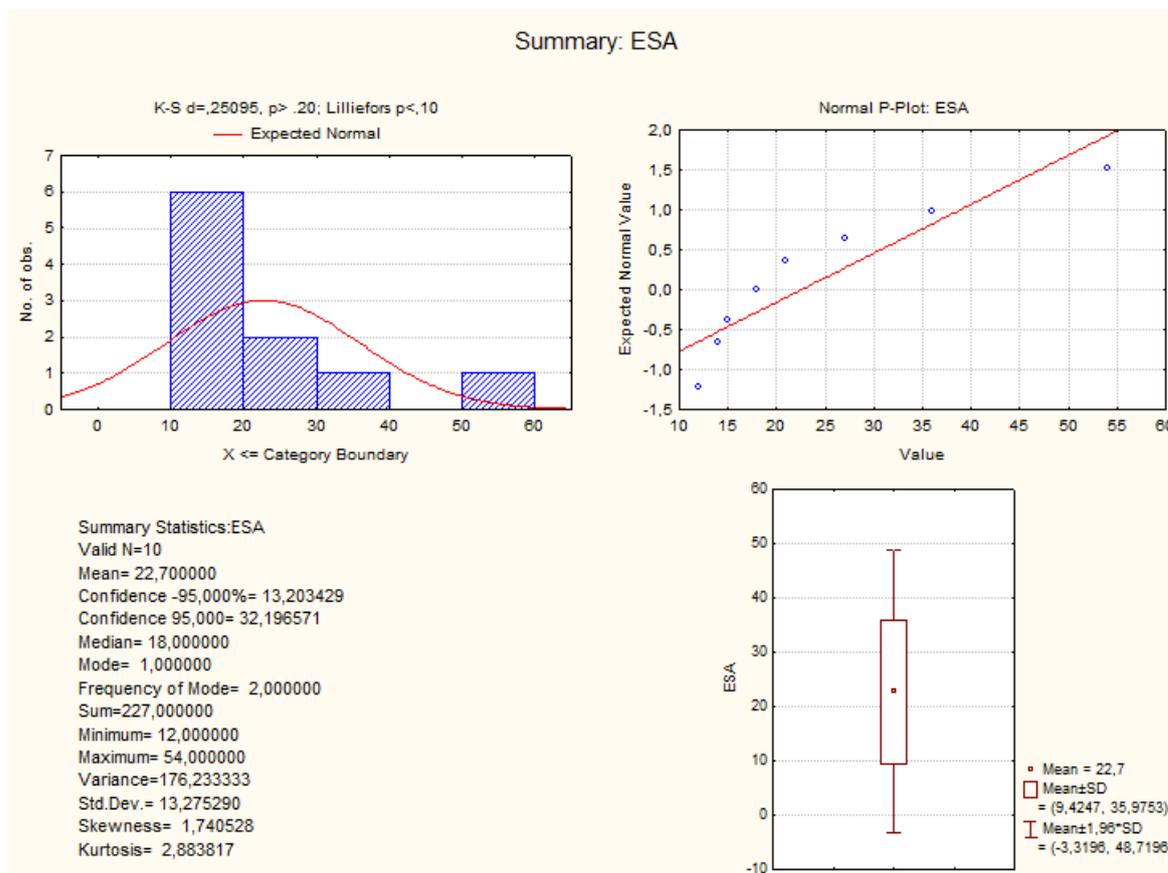


FIGURA 40 - GRÁFICOS DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL E RESULTADO DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA ESA

FONTE: O autor

Os valores dos coeficientes de Skewness mostra que a curva de distribuição do parâmetro ESM apresenta a calda mais para a esquerda que a curva de distribuição para ESA, sendo o valor de Skewness de ESM de 2,1 e de ESA de 1,74, mostrando que os valores de ESA, que representa a proposta de alteração (A1+A2), estão mais distribuídos dentro da curva normal.

Com relação aos valores de Kurtosis, tem-se do ESM de 4,81 e do ESA de 2,88, mostrando um achatamento na curva de normalidade maior nos valores de ESA, mostrando que temos uma distribuição menos dispersa.

Observa-se que a curva de distribuição normal apresenta calda a esquerda. Este comportamento também foi observado para os pontos que não obedecem à curva de distribuição normal. Isto também pode ser confirmado nos dados observados na tabela de análise estatística descritiva básica, por exemplo, os valores dos coeficientes de kurtosis e Skewness indicam que a curva de distribuição

normal apresenta achatamento em relação a curva normal e calda pesada à esquerda respectivamente.

Após ter sido feita a análise estatística descritiva básica, obtiveram-se os coeficientes de posto de Pearson, estes coeficientes indicam a correlação linear que podem existir entre os parâmetros analisados, a medida que o valor do coeficiente se aproxima da unidade cresce a relação a dependência linear entre os parâmetros.

Nas figuras 41 e 42 temos o resultado do cruzamento dos dados do ESM com o grupo B e ESA com o grupo B respectivamente.

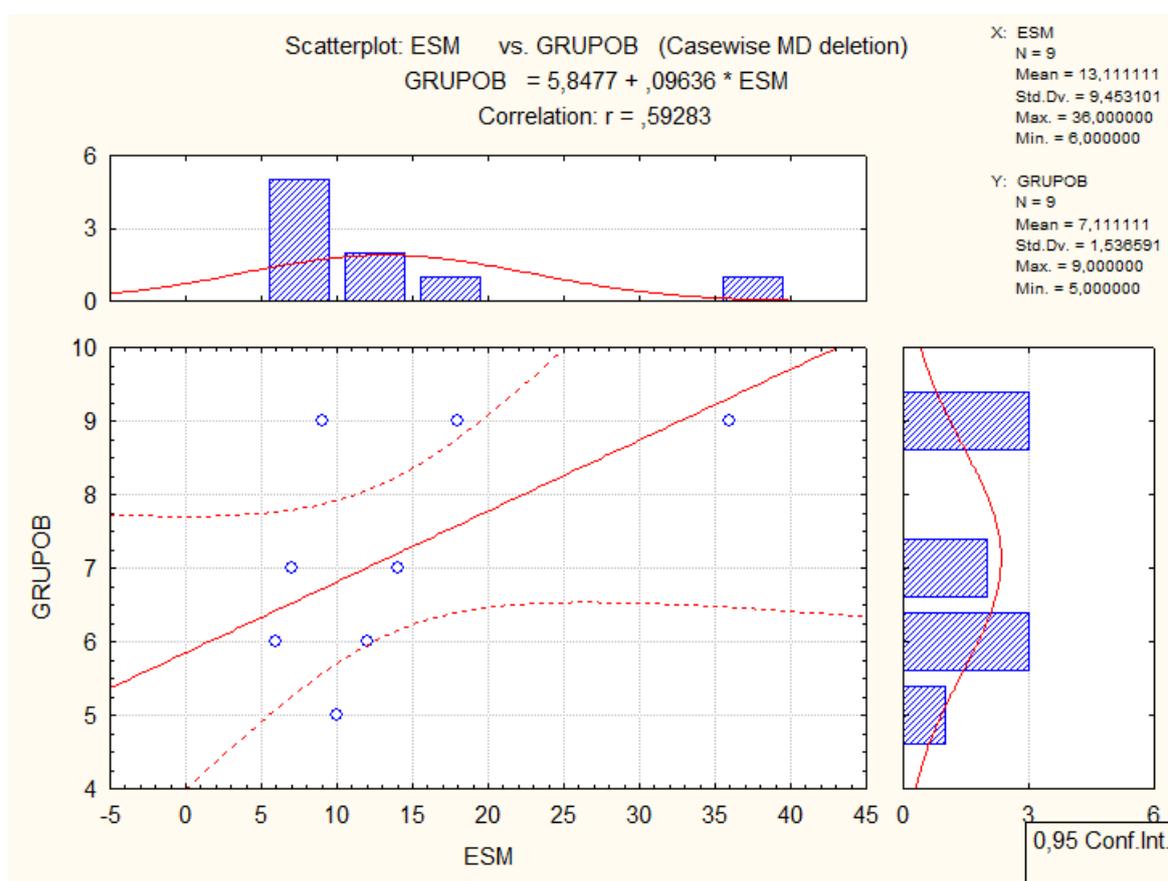


FIGURA 41 - GRÁFICO PROBABILÍSTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESM E GRUPO B  
FONTE: O autor

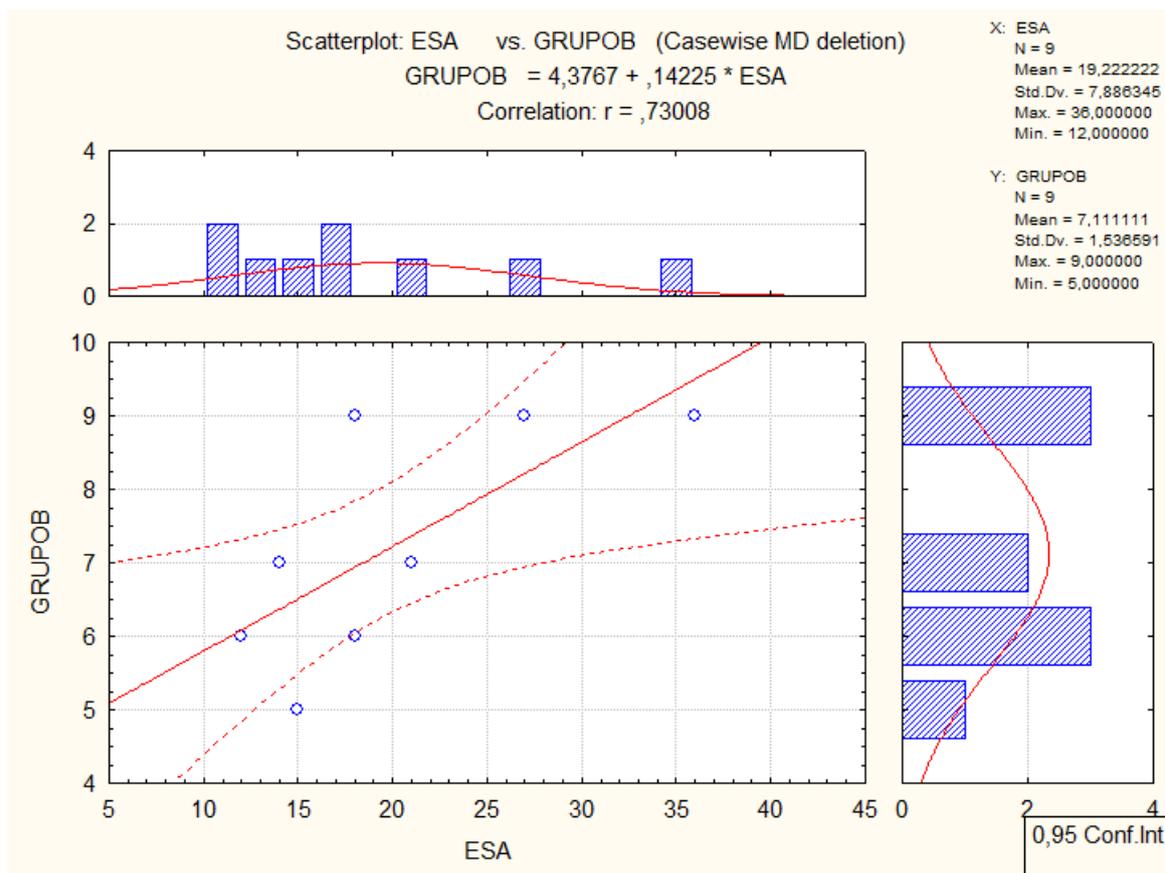


FIGURA 42 - GRÁFICO PROBABILÍSTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESA E GRUPO B  
FONTE: O autor

Analisando o comportamento dos dois gráficos relacionando o resultado ESM e ESA ambos com o grupo B percebemos que os resultados de ESA apresentam um estreitamento maior com relação aos resultados de ESM e que ainda os resultados de ESA estão em maior quantidade dentro do intervalo, demonstrando que para ESA obtém-se resultado mais satisfatório, pois os dados de ESA são mais aproximados de uma distribuição normal do que com relação à ESM.

O mesmo resultado e idêntica análise observaram quando comparamos os resultados do cruzamento dos dados do ESM e ESA com a razão entre o grupo A e B (RGRAB), ou seja, os resultados de ESA apresentam melhor desempenho.

Nas figuras 43 e 44 observamos os resultados deste cruzamento de dados estatísticos entre ESM e ESA com a razão entre os grupos A e B.

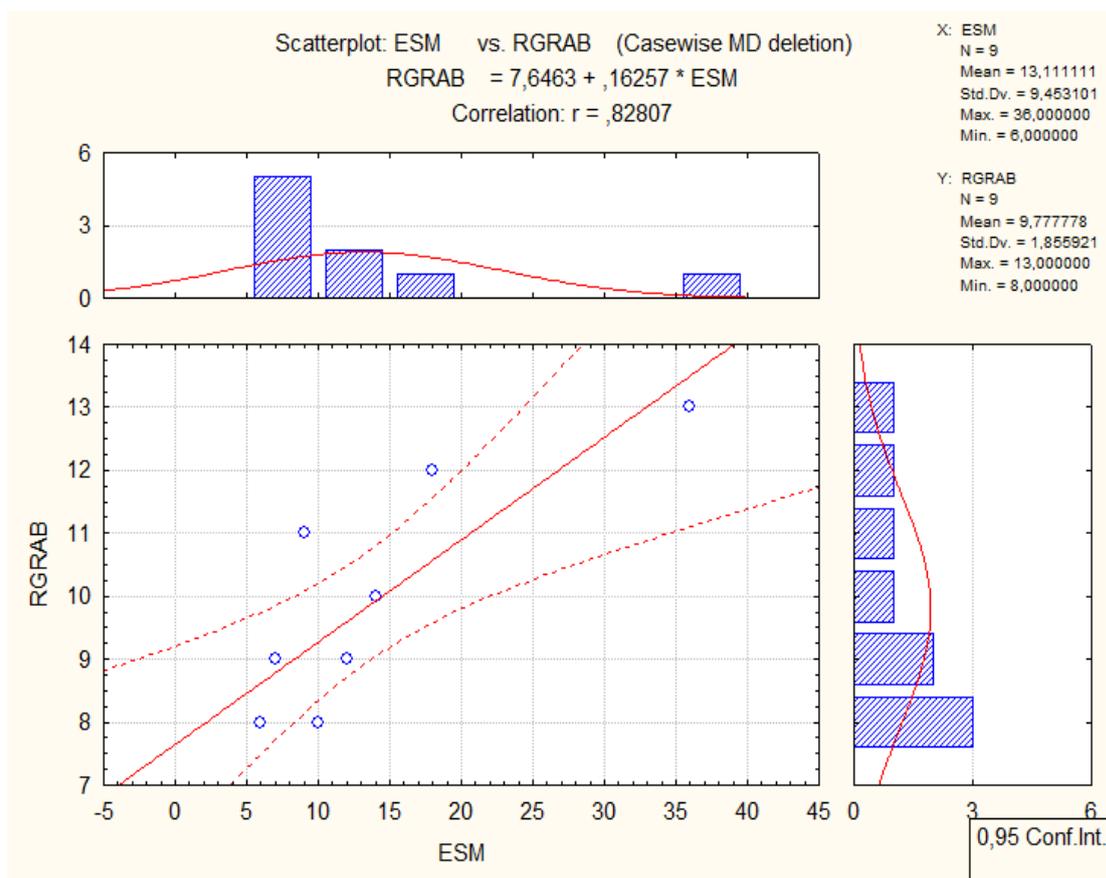


FIGURA 43 - GRÁFICO PROBABILÍSTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESM E A RAZÃO ENTRE O GRUPO A E B

FONTE: O autor

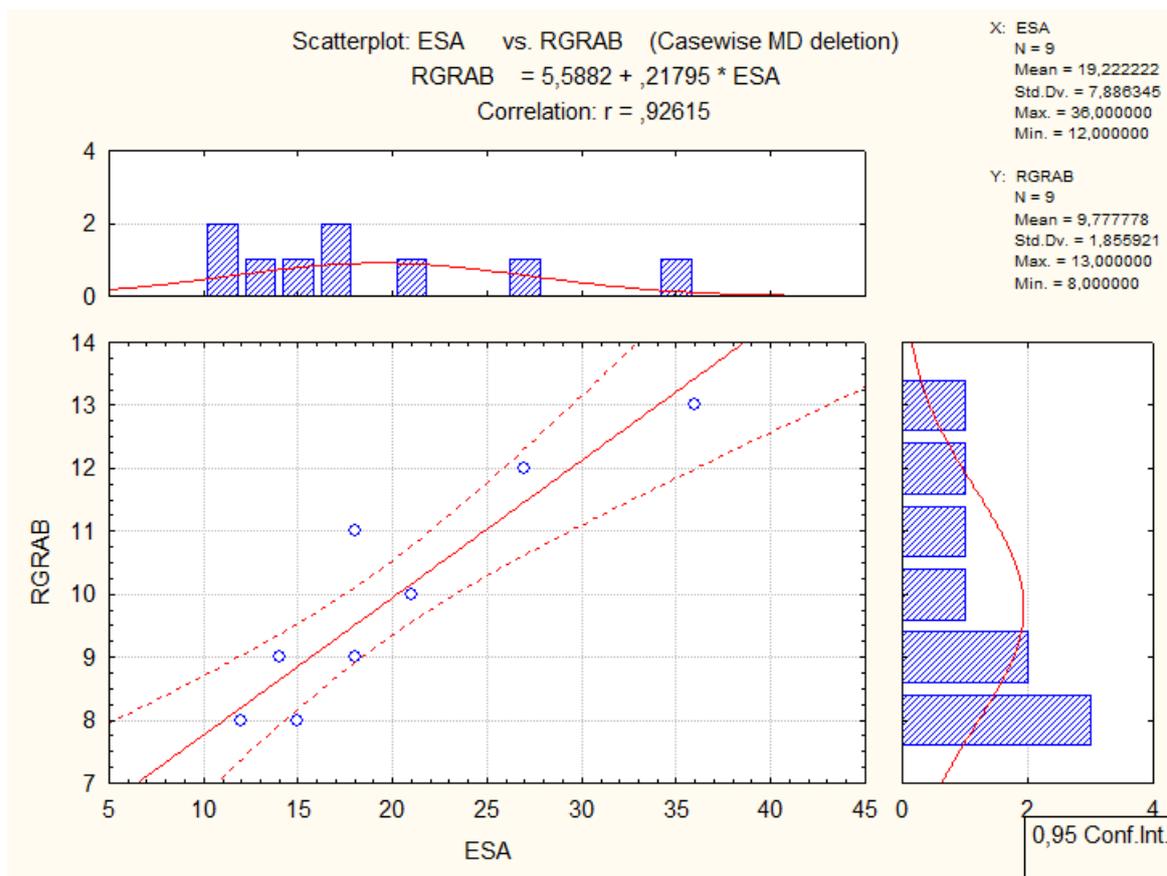


FIGURA 44 - GRÁFICO PROBABILÍSTICO NORMAL DE DISTRIBUIÇÃO ENTRE ESA E A RAZÃO ENTRE O GRUPO A E B

FONTE: O autor

Na figura 45 temos a tabela gerada a partir do software de estatística utilizado, demonstrando e marcando na cor vermelha as correlações significativas, entre os dados tratados, maior que 95%.

	Correlations (JULIO5.sta) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=9 (Casewise deletion of missing data)									Correlations (JULIO5.sta) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=9 (Casewise deletion of missing data)	
	CODGA	CODGA1	CDG1	CDG2	CDG3	ESM	ESA	RESMA	GRUPOA	GRUPOB	RGRAB
CODGA	1,0000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---
CODGA1	--	1,0000	--	1,0000	,5413	-,4793	-,5256	-,4103	-,3845	-,4920	-,5538
	p=---	p=---	p=---	p=---	p=,132	p=,192	p=,146	p=,273	p=,307	p=,179	p=,122
CDG1	--	--	1,0000	--	--	--	--	--	--	--	--
	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---	p=---
CDG2	--	1,0000	--	1,0000	,5413	-,4793	-,5256	-,4103	-,3845	-,4920	-,5538
	p=---	p=---	p=---	p=---	p=,132	p=,192	p=,146	p=,273	p=,307	p=,179	p=,122
CDG3	--	,5413	--	,5413	1,0000	-,0586	-,0721	-,1078	-,1270	-,0974	-,1290
	p=---	p=,132	p=---	p=,132	p=---	p=,881	p=,854	p=,782	p=,745	p=,803	p=,741
ESM	--	-,4793	--	-,4793	-,0586	1,0000	,9688	,9555	,8852	,5928	,8281
	p=---	p=,192	p=---	p=,192	p=,881	p=---	p=,000	p=,000	p=,002	p=,092	p=,006
ESA	--	-,5256	--	-,5256	-,0721	,9688	1,0000	,8880	,8443	,7301	,9262
	p=---	p=,146	p=---	p=,146	p=,854	p=,000	p=---	p=,001	p=,004	p=,026	p=,000
RESMA	--	-,4103	--	-,4103	-,1078	,9555	,8880	1,0000	,9701	,3534	,6622
	p=---	p=,273	p=---	p=,273	p=,782	p=,000	p=,001	p=---	p=,000	p=,351	p=,052
GRUPOA	--	-,3845	--	-,3845	-,1270	,8852	,8443	,9701	1,0000	,2684	,6033
	p=---	p=,307	p=---	p=,307	p=,745	p=,002	p=,004	p=,000	p=---	p=,485	p=,085
GRUPOB	--	-,4920	--	-,4920	-,0974	,5928	,7301	,3534	,2684	1,0000	,9302
	p=---	p=,179	p=---	p=,179	p=,803	p=,092	p=,026	p=,351	p=,485	p=---	p=,000
RGRAB	--	-,5538	--	-,5538	-,1290	,8281	,9262	,6622	,6033	,9302	1,0000
	p=---	p=,122	p=---	p=,122	p=,741	p=,006	p=,000	p=,052	p=,085	p=,000	p=---

FIGURA 45 - TABELA DE CORRELAÇÕES ENTRE OS DADOS TRATADOS ESTATISTICAMENTE  
FONTE: O autor

Percebeu-se de acordo com a tabela de correlações que para os resultados de ESA temos uma quantidade maior de dados correlacionados do que para os resultados ESM, ou seja, para ESA temos 4 variáveis que contribuem para o resultado, enquanto que para ESM temos apenas 3 variáveis que contribuem para seu resultado.

#### 4.3.1.2 Matriz Resultante da Contaminação em Barro Preto

Os resultados numéricos do valor ES serão comparados pela proporcionalidade em percentual entre os fatores analisados em cada subsistema e entre os valores dos subsistemas. Esta análise da proporcionalidade não levará em conta a faixa de valor (RV) alfabética e nem a numérica, ou seja, não analisaremos a classe de impacto ambiental proposto por Pastakia, apenas o resultado final.

Percebeu-se que uma análise prévia do caso é necessária para adaptar os métodos utilizados, pois no caso de avaliação do impacto ambiental o que mais importará será o resultado proporcional de cada fator ou subsistema em percentagem e não o valor resultante final individual de cada fator ou subsistema.

A tabela 20 apresenta os resultados finais comparativos por fator avaliado, conforme cálculos apresentados anteriormente, para fins de aplicação da nova matriz proposta.

TABELA 20 - RESULTADOS DOS VALORES DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ALTERADO

Componentes	Fatores	ESA	% Fator/ Subsistema	% Total do Fator	% Total do Componente
<b>SUBSISTEMA FÍSICO NATURAL</b>		194	100,00%	85,46%	
<b>MEIO INERTE</b>	Ar	18	9,28%	7,93%	35,68%
	Água	36	18,56%	15,86%	
	Solo	27	13,92%	11,89%	
<b>MEIO BIÓTICO</b>	Serviços Ecosistêmicos	54	27,84%	23,79%	37,00%
	Vegetação	18	9,28%	7,93%	
	Fauna	12	6,19%	5,29%	
	Proc. Meio Biótico	0	0,00%	0,00%	
<b>MEIO PERCEPTUAL</b>	Componentes Singulares	0	0,00%	0,00%	6,17%
	Paisagem	14	7,22%	6,17%	
<b>USO DO SOLO</b>	Recreativo	0	0,00%	0,00%	6,61%
	Produtivo	15	7,73%	6,61%	
	Viário Rural	0	0,00%	0,00%	
<b>SUBSISTEMA SÓCIO ECONOMICO</b>			100,00%	14,54%	
<b>POPULAÇÃO</b>	Características Culturais	0	0,00%	0,00%	14,54%
	Estrutura da População	21	63,64%	9,25%	
	Renda	0	0,00%	0,00%	
	Atividades e Relações Econômicas	12	36,36%	5,29%	

Fonte: O Autor

Na figura 46 apresentamos o gráfico com os resultados dos valores por componente analisado, em ordem decrescente de impacto.

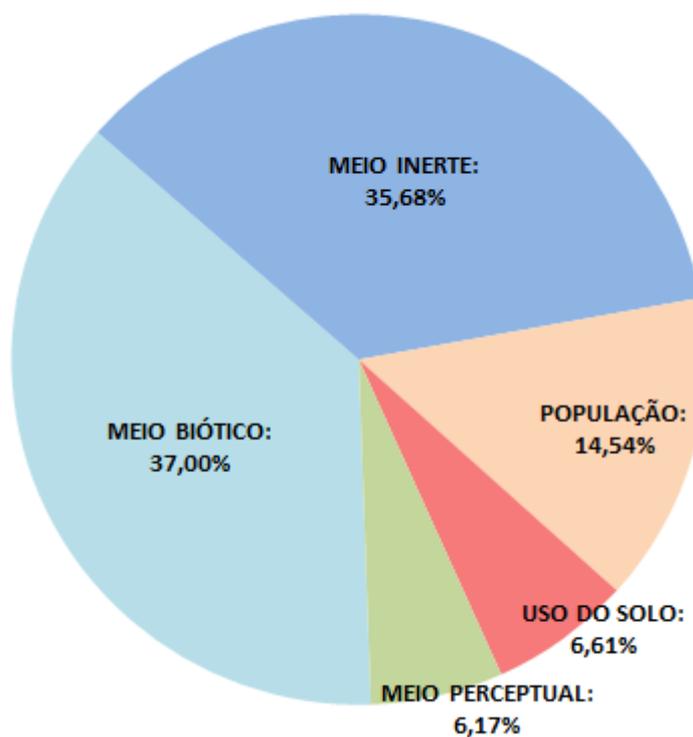


FIGURA 46 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DOS IMPACTOS ENTRE OS COMPONENTES ANALISADOS

FONTE: O autor

Analisou-se que dos componentes estudados o meio inerte se concentra mais da metade dos impactos gerados pelo acidente estudado em Barro Preto. O meio inerte é o componente onde encontrou os fatores Ar, Água, Solo e Serviços Ecosistêmicos, fatores estes que possuem os maiores impactos individuais.

A figura 47 apresenta em forma de gráfico os fatores analisados por ordem de influência, independentes dos componentes aos quais pertencem.

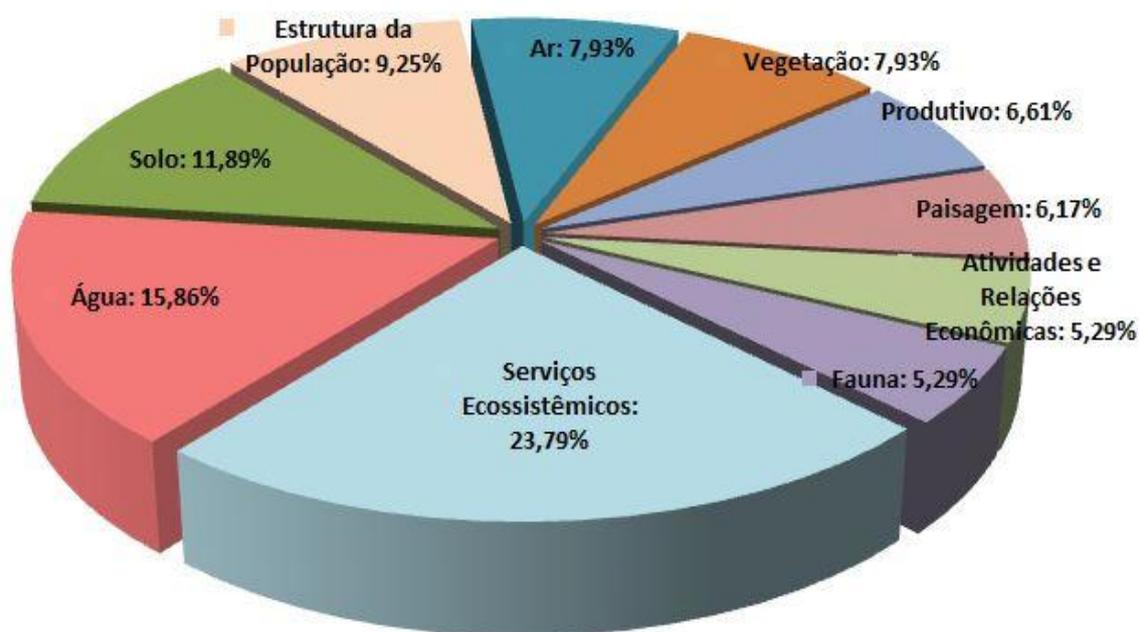


FIGURA 47 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DOS IMPACTOS ENTRE OS FATORES ANALISADOS

FONTE: O autor

Percebeu-se que os Serviços Ecosistêmicos é o mais significativo, com 23,79% do total dos valores de ES.

Nota-se que o impacto na água subterrânea é mais significativo que o impacto no fator solo em uma escala de diferença na escala de valores de Pastakia. Os resíduos depositados na propriedade Barro Preto têm contaminação direta com o solo e água subterrânea e os levantamentos anteriores realizados demonstram esta contaminação.

#### 4.3.2 Métodos de Valoração Financeira dos Danos Ambientais

No presente estudo de caso, os resultados da análise dos impactos adversos indicam que os componentes ambientais mais afetados pela contaminação são: o solo, as águas subterrâneas e a vegetação terrestre. Logo, os componentes que deverão ser considerados na valoração econômica dos danos causados pelos produtos dispostos no solo e por aqueles abandonados a céu aberto são o solo, as águas do subsolo e a flora do entorno do empreendimento analisado.

#### 4.3.2.1 Dados de entrada dos modelos

O resultado da pesquisa imobiliária realizada por HERBERT (2011) indica que o valor de mercado de uma propriedade semelhante a que foi alterada, sem a presença da contaminação, varia na faixa de R\$ 610.668,00 a 755.863,00, sendo que com a presença da contaminação o valor do imóvel diminui para R\$ 469.772,00.

Conforme se encontra apresentado no trabalho realizado por HERBERT e verificado in loco no presente estudo, o tamanho da área injuriada pelos resíduos encontrados no solo e a céu aberto na propriedade é aproximadamente 7500 m<sup>2</sup>. A partir dessa informação, estima-se que o volume de água subterrânea contaminada seja aproximadamente 75.000 m<sup>3</sup>. Observa-se que o volume de água contaminada foi estimado adotando o valor de 10 metros para a profundidade média do freático e multiplicando esse valor pela área total afetada.

A partir da pesquisa de mercado dos valores monetários dos serviços de engenharia, mão-de-obra, transporte e materiais necessários para a restauração dos componentes alterados, estimaram-se os custos de recuperação do solo e das águas do freático contaminados. Estima-se que os custos financeiros da descontaminação do solo e do freático sejam 324.015,00 e R\$ 942.400,00, respectivamente. Além disto, estima-se também que o período de tempo requerido para executar as atividades do projeto de descontaminação da propriedade seja aproximadamente dez anos.

#### 4.3.2.2 Método dos Custos Totais Esperados - CATES

O método CATE contempla duas equações para a valoração econômica de danos ambientais. A primeira relação é aplicada para valorar danos originados por eventos intermitentes, enquanto a segunda equação refere-se à valoração de danos originados por eventos contínuos, como, por exemplo, as emissões de poluentes na atmosfera e lançamentos irregulares de esgotos *in natura* em corpos d'água. Além disso, o modelo CATE também estima o valor econômico dos danos irreversíveis.

As expressões matemáticas do modelo CATE empregadas nesse trabalho se encontram indicadas nas equações abaixo. A partir da substituição dos dados de entrada do modelo nas equações CATE obtém-se os resultados seguintes.

$$\text{CATE} = \frac{(V_d + C_d \cdot F_{i/d}) \cdot (1 + j)^n}{(1 + j)^n - 1}$$

Adotamos o valor três (3) indicado na tabela 2 visando à valoração de danos indiretos oriundos dos danos diretos aos componentes da propriedade alterados, pois há uma pequena predominância dos danos indiretos sobre os diretos. Consideramos uma taxa anual de desconto de 6,0% para ajustar o valor com o tempo.

A duração dos efeitos dos impactos é de 10 anos. O valor de  $V_d$  sendo o custo médio da propriedade sem a contaminação, de R\$ 683.265,5 dividido pela área temos o valor do imóvel por unidade de área, temos 91.103,00 e o valor de  $C_d$  o custo total de remediação, sendo R\$ 324.015,00 somado a R\$ 942.400,00 dividido pela área temos 168.855,00.

Desta forma obtém-se o valor econômico corrigido dos danos ambientais.

$$\text{CATE} = \frac{(91.103,00 + 168.855,00 \cdot 3) \cdot (1 + 0,06)^{10}}{(1 + 0,06)^{10} - 1} = \text{R\$ } 1.353.398,80$$

$$\text{DAI} = \text{CATE} \times [(1 + j)^t - 1]$$

$$\text{DAI} = 1.353.398,80 \times [(1 + 0,06)^{20} - 1] = \text{R\$ } 2.987.135,00$$

$$\text{Valor global dos danos da contaminação} = \text{R\$ } 4.340.534,00$$

O método CATE é de simples aplicação, necessitando apenas o valor comercial da propriedade, que pode ser descoberto por métodos simples de avaliação de imóveis. Já o valor de recuperação do componente ambiental afetado no caso do solo e água subterrânea é calculado conforme estudos apresentados anteriormente.

#### 4.3.2.3 Método VCP

Conforme descrito no capítulo da revisão bibliográfica, o método VCP – Valor da Compensação Ambiental desenvolvido pelo IBAMA considera os impactos relativos à perda de área (P1), a perda de visitação (P2), a perda de produção (P3), os impactos adversos causados nos recursos hídricos e nos serviços ambientais (P4).

No presente caso foram considerados os seguintes fatores ambientais: a perda de área e os impactos decorrentes da contaminação sobre os recursos hídricos (águas subterrâneas) e serviços ambientais. Os danos aos serviços ambientais foram estimados a partir dos valores propostos por CONSTANZA (Referência).

Os serviços ecossistêmicos considerados na valoração ambiental são:

- Regulação hídrica: valor de 0,0006 a 0,0003 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>);
- Suprimento de água: valor de 0,1610 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>);
- Controle da erosão: valor de 0,0245 a 0,0029 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>);
- Formação de solos: valor de 0,001 a 0,0001 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>);
- Regulação do clima: valor de 0,0223 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>);
- Controle biológico: valor de 0,0021 a 0,0023 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>);
- Tratamento de rejeitos: valor de 0,0087 (U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>).

A equação do modelo VCP tem a forma:

$$VCP = \left( \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{R} \right)$$

- P1: R\$ 683.265,00 – 469.772,00 = R\$ 213.493,00
- P2: zero
- P3: zero
- P4: valor do dano aos recursos hídricos + valor do dano aos serviços.

Cálculo de P4:

- a) Valor dos danos aos recursos hídricos

Valor do dano aos recursos hídricos = volume de água afetada x valor cobrado pela água tratada e servida para consumo.

Valor do dano à água = 10 m x 7500 m x R\$ 2,00 m<sup>-3</sup> água tratada servida.

Valor do dano à água = R\$ 150.000,00.

b) Valor do dano aos serviços ambientais

Fazendo a soma dos valores superiores dos intervalos de variação dos valores monetários dos serviços ambientais propostos por CONSTANZA, obtém-se:

Valor dos serviços = 0,22 U\$S m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>.

Adotando a taxa de câmbio de 1,0 U\$S: 1,80 R\$ e multiplicando o resultado pelo tempo decorrido desde o início dos efeitos dos impactos ambientais, obtém-se:

$$\text{Valor do dano} = 0,22 \frac{\text{U\$S}}{\text{m}^2\text{ano}} \times 7500\text{m}^2 \times 20 \text{ anos} = \text{R\$ } 59.454,00$$

c) Valor global de P4

P4 = valor do dano aos recursos hídricos + valor do dano aos serviços

P4 = 150.000,00 + 59.454,00 = R\$ 209.454,00

Substituindo os valores dos parâmetros do modelo e adotando o valor de 10% para o juro médio do mercado referente ao período dos dez últimos anos, obtém-se:

$$\text{VCP} = \left( \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{R} \right)$$

$$\text{VCP} = \left( \frac{213.493,00 + 209.454,00}{0,10} \right)$$

VCP = R\$ 4.229.470,00

#### 4.3.2.4 Método DEPRN

O método DEPRN, primeiramente define os aspectos ambientais afetados baseados nos aspectos propostos pelo método e já qualificando os agravos de acordo com os critérios definidos, demonstrado na tabela 19 abaixo.

Depois de somado os valores de qualificação do agravo, foi usado na mesma tabela para a definição do fator de multiplicação.

TABELA 21 - APLICAÇÃO DO MÉTODO DEPRN E FATOR DE MULTIPLICAÇÃO

Aspecto	Tipo Dano	Qualificação do Agravo			Índice Qualif.	Fator Multipl.
AR	A) 1 x					
	B) 1,5 x					
ÁGUA	A) 1 x	Toxicidade=3			3	1,6
	B) 1,5 x					
SOLO SUBSOLO	A) 1 x	Toxicidade=3	Morte/ dano fauna= 2	Morte/ dano flora= 2	7	1,6
	B) 1,5 x					
FAUNA	A) 1 x					
	B) 1,5 x					
FLORA	A) 1 x					
	B) 1,5 x					
PAISAGEM	A) 1 x					
	B) 1,5 x					
Somatório do Fator de Multiplicação						3,2

Fonte: O Autor

A toxicidade do ar não é comprovada, pois não foi feitos ensaios na época da descoberta.

A água foi considerada com toxicidade por hidrocarbonetos, havendo a contaminação do lençol freático.

Para o aspecto solo foi considerado os impactos: toxicidade comprovada, morte e dano à flora e morte ou dano à fauna.

Poderia ter qualificado o agravo de alteração na capacidade de uso da terra pelo fato de que no entorno há atividades de pequenos agricultores, o que afetaria diretamente a atividade do uso do solo, todavia o local é uma região de zoneamento industrial o que não alteraria a função de uso da terra.

A aplicação dos valores da tabela anterior leva-se ao fator de multiplicação igual a 3,2.

O custo da recuperação de R\$ 324.015,00 e 942.400,00, para solo e água, respectivamente, multiplicados pelo fator 3,2 temos o valor do impacto pelo método DEPRN.

$$\text{DEPRN} = 3,2 \times (324.015,00 + 942.400,00)$$

Portanto,

$$\text{DEPRN} = \text{R\$ } 4.052.528,00$$

O método DEPRN considera uma matriz onde se cruza cada aspecto provável relacionado aos danos dos outros aspectos, ou seja, por exemplo, são qualificados os agravos do dano no solo que impactam no ar, água, fauna, flora, paisagem e ao próprio solo. Para cada aspecto determinam-se os danos que impactam nos outros aspectos.

O método DEPRN considera os impactos em outros componentes ambientais, mesmo que não se tenha de imediato o valor de recuperação dos outros fatores (ar, água, etc), diferentemente dos métodos anteriores.

Uma melhor aplicação deste método se faz quando estuda-se outras aplicações em casos que se tenham os valores de recuperação de todos os componentes que sofreram impactos e seus fatores de multiplicação encontrados serem multiplicadores cada um de seus próprios valores de recuperação. No presente estudo, temos apenas o valor de recuperação do dano ao solo e utilizamos os fatores de multiplicação somados ao multiplicar o único valor de recuperação.

Sentiu-se dificuldade em relacionar o dano ao aspecto, sendo que no caso o dano 'comprometimento do aquífero' pode estar relacionado à contaminação do solo ou à contaminação da própria água lixiviada. Percebe-se que, tanto para o aspecto água quanto para o aspecto solo os valores de critérios de qualificação dos agravos são os mesmos, sendo: comprovado= 3, fortes indícios= 2 e suposto= 1.

Desta forma, a dificuldade encontrada não traria resultados errados caso fosse considerado um em detrimento do outro, mas conclui-se que esta análise só está correta se a fonte poluidora, ou o impacto calculado for o mesmo.

Consideramos hipoteticamente para uma mesma situação duas fontes poluidoras diferentes, como resíduos tóxicos enterrados e tubulação de esgoto industrial rompido, teríamos neste caso que prever as duas situações com o critério de comprometimento do aquífero incluídos no aspecto solo e no aspecto água.

Os valores dos agravos são para os critérios que tem faixa de abrangência pequena e não leva em consideração a importância do impacto, o que seria essencial, como por exemplo, o impacto ao solo leva à morte ou dano da fauna e da flora, porém a importância deste fator é muito menor que a importância quanto ao comprometimento do aquífero, no estudo acima com a aplicação do método DEPRN revelou-se que os dois têm o mesmo peso.

Percebemos que os valores dos fatores de multiplicação têm intervalos diferentes dos índices de qualificação dos agravos para os diferentes aspectos ambientais, isso se deve à importância de cada aspecto ao meio ambiente.

#### 4.3.2.5 Método AHE

Conforme descrito no capítulo da revisão bibliográfica, o modelo de valoração econômica Análise do Habitat Equivalente calcula o tamanho do projeto de compensação a ser executado pelo causador do dano.

O projeto de compensação a ser realizado deve ser capaz de prover os serviços ambientais afetados, a partir da ocorrência do evento prejudicial até o instante da restituição da linha base dos serviços ambientais providos pelo ecossistema antes do dano.

Em geral, no cálculo da área de compensação, adota-se factível a relação linear entre o nível da linha base de serviços e o estado de conservação das áreas afetada e de compensação. Os períodos de tempo adotados para os seguintes eventos são:

- Início da perda de serviços ambientais: a partir do ano de 2000;
- Ano em que foi solicitado o cálculo do projeto de compensação: 2012;
- Ano que inicia o projeto de recuperação do solo e águas afetadas: 2010;
- Ano que inicia a implantação da área de compensação do dano: 2010;

- Ano que termina o projeto de compensação do dano: 2015;
- Ano que é restituída a linha base inicial dos serviços afetados: 2025;
- Ano que a área de compensação inicia o fornecimento de serviços: 2012;
- Ano que a área de compensação atinge o máximo de serviços: 2025;

Além dos eventos supracitados adota-se como hipótese simplificadora que os serviços a serem providos pela área de compensação sejam semelhantes aos serviços perdidos na propriedade injuriada, significando que a área de compensação deverá ser da mesma natureza que aquela degradada pela contaminação do solo e do freático.

Para incluir no AHE os danos às águas subterrâneas, os valores monetários destes componentes foram relacionados de modo proporcional para transformar o volume de água afetada em área equivalente injuriada. Deste modo, o tamanho da área afetada considerado é o seguinte:

- a) Dimensão da área com solo degradado: 7500 m<sup>2</sup>;
- b) Dimensão da área afetada equivalente ao volume de água contaminada:
  - Valor da área contaminada: R\$ 469.772,00;
  - Tamanho da área contaminada: 7500 m<sup>2</sup>;
  - Valor específico da área contaminada: R\$ 62,64 / m<sup>2</sup> de área afetada;
  - Volume de água contaminada: 75000 m<sup>3</sup>;
  - Valor da água contaminada: R\$ 150.000,00;
  - Valor específico da água contaminada: R\$ 2,00 / m<sup>3</sup> de água afetada;

Cálculo do fator de proporcionalidade (F):

$$F = \frac{\left( \frac{\text{R\$62,64}}{\text{m}^2 \text{ de área contaminada}} \right)}{\left( \frac{\text{R\$ 2,00}}{\text{m}^3 \text{ de água contaminada}} \right)} = 31,32 \left( \frac{\text{m}^3 \text{ de água contaminada}}{\text{m}^2 \text{ de área contaminada}} \right)$$

O resultado obtido indica que o valor monetário de um metro quadrado de área afetada corresponde ao valor monetário de 31,32 metros cúbicos de água contaminada. Portanto, o tamanho da área contaminada equivalente ao volume de água subterrânea afetada é igual a 2.394,64 m<sup>2</sup>.

$$\text{Área equivalente} = \frac{75.000}{31,32} \cdot \left( \frac{\text{m}^3}{\frac{\text{m}^3 \text{ de água}}{\text{m}^2 \text{ de área}}} \right) = 2.394,64 \left( \text{m}^3 \cdot \frac{\text{m}^2 \text{ área}}{\text{m}^3 \text{ água}} \right)$$

Área contaminada equivalente à água afetada = 2.394,64 m<sup>2</sup>

Assim, o valor da área global afetada a ser considerada no cálculo do tamanho da área de compensação é igual ao somatório da área contaminada, propriamente dita, e da área contaminada equivalente ao volume de água subterrânea injuriada. Portanto, o valor global da área a ser considerada na Análise do Habitat Equivalente é da ordem:

Área total contaminada considerada na AHE = 7.500 + 2.394,64 = 9.894,64 m<sup>2</sup>

### c) Cálculo AHE

As tabelas 21 e 22 apresentam os resultados do AHE a serem discutidos na sequência, sendo que na tabela 21 os valores representam os valores anuais da linha de base de serviços ambientais afetados e descontados em função do tempo requerido para a descontaminação do sítio. Já na tabela 22 são apresentados os valores anuais descontados do incremento de serviços ambientais provenientes do projeto de compensação dos danos ambientais.

TABELA 22 - VALORES ANUAIS DESCONTADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO REQUERIDO PARA DESCONTAMINAÇÃO

Período	Ano	Nível de serviços no início do ano	Nível dos serviços no final do ano	Nível médio dos serviços no ano	Perda bruta de serviços	Fator de desconto	Perda descontada de serviços
0	2000	10,00%	30,00%	20,00%	2000	1,60	3202,07
1	2001	30,00%	47,50%	38,75%	3875	1,54	5965,39
2	2002	47,50%	65,00%	56,25%	5625	1,48	8326,37
3	2003	65,00%	80,00%	72,50%	7250	1,42	10319,01
4	2004	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,37	10948,55
5	2005	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,32	10527,45
6	2006	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,27	10122,55
7	2007	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,22	9733,22
8	2008	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,17	9358,87
9	2009	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,13	8998,91
10	2010	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,08	8652,80
11	2011	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,04	8320,00
12	2012	80,00%	80,00%	80,00%	8000	1,00	8000,00
13	2013	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,96	7692,31
14	2014	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,93	7396,45
15	2015	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,89	7111,97
16	2016	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,86	6838,43
17	2017	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,82	6575,42
18	2018	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,79	6322,52
19	2019	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,76	6079,34
20	2020	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,73	5845,52
21	2021	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,70	5620,69
22	2022	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,68	5404,51
23	2023	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,65	5196,65
24	2024	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,63	4996,78
25	2025	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,60	4804,59
26	2026	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,58	4619,80
27	2027	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,56	4442,12
28	2028	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,53	4271,27
29	2029	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,51	4106,99
30	2030	80,00%	80,00%	80,00%	8000	0,49	3949,03
<b>Perda definitiva de serviços ambientais</b>							<b>98725,63</b>
<b>Perda total descontada de serviços ambientais</b>							<b>312475,20</b>

Fonte: O Autor

TABELA 23 - VALORES ANUAIS DESCONTADOS DO INCREMENTO DE SERVIÇOS DO PROJETO DA ÁREA DE COMPENSAÇÃO DOS DANOS

Período	Ano	Incremento de serviços no início do ano	Incremento de serviços no final do ano	Incremento médio de serviços no ano	Incremento bruto de serviços	Fator de desconto	Incremento descontado de serviços
1	2012	0,00%	6,67%	3,33%	333,33	1,00	333,33
2	2013	6,67%	13,33%	10,00%	1000,00	0,96	961,54
3	2014	13,33%	20,00%	16,67%	1666,67	0,93	1540,93
4	2015	20,00%	26,00%	23,00%	2300,00	0,89	2044,69
5	2016	26,00%	32,00%	29,00%	2900,00	0,86	2478,93
6	2017	32,00%	38,00%	35,00%	3500,00	0,82	2876,75
7	2018	38,00%	44,00%	41,00%	4100,00	0,79	3240,29
8	2019	44,00%	50,00%	47,00%	4700,00	0,76	3571,61
9	2020	50,00%	55,00%	52,50%	5250,00	0,73	3836,12
10	2021	55,00%	60,00%	57,50%	5750,00	0,70	4039,87
11	2022	60,00%	65,00%	62,50%	6250,00	0,68	4222,28
12	2023	65,00%	70,00%	67,50%	6750,00	0,65	4384,67
13	2024	70,00%	75,00%	72,50%	7250,00	0,63	4528,33
14	2025	75,00%	75,00%	75,00%	7500,00	0,60	4504,31
15	2026	75,00%	75,00%	75,00%	7500,00	0,58	4331,06
16	2027	75,00%	75,00%	75,00%	7500,00	0,56	4164,48
17	2028	75,00%	75,00%	75,00%	7500,00	0,53	4004,31
18	2029	75,00%	75,00%	75,00%	7500,00	0,51	3850,30
19	2030	75,00%	75,00%	75,00%	7500,00	0,49	3702,21
<b>Incremento total descontado de serviços ambientais</b>							<b>62.626, 02</b>
<b>Incremento de serviços descontados por unidade de área</b>							<b>6,26</b>

Fonte: O Autor

Os resultados da tabela 23 indicam que a perda de serviços ambientais na propriedade no período de 2000 a 20030, quando deverá ocorrer a restituição do nível da linha base dos serviços, é equivalente aos serviços providos por uma área de 31.2475,20m<sup>2</sup> semelhante aquela degradada pelos contaminantes dispostos no solo e abandonados a céu aberto.

Por outro lado, os resultados que se encontram descritos na tabela 23 indicam que o incremento da linha base de serviços a serem fornecidos pela nova área de compensação dos danos será equivalente aos serviços oriundos de uma área de 62.626,02m<sup>2</sup>. Isso significa que deverão ser fornecidos pelo projeto da área de compensação, aproximadamente serviços equivalentes àqueles a serem fornecidos por 6,26 m<sup>2</sup> de área, sem a contaminação, por unidade de área degradada.

Desta maneira, o tamanho da área do projeto de compensação dos danos ambientais que deverá ser desenvolvido pelo causador da lesão ambiental será aproximadamente:

$$\text{Área de compensação dos danos ambientais} = \frac{312.475,20}{6,262} = 49.903,4 \text{ m}^2$$

Considerando o valor de mercado de uma área semelhante à degradada, sem a contaminação, pode-se estimar o valor global dos danos ambientais conforme descrito a seguir.

- Valor médio do mercado imobiliário da área sem a contaminação: R\$ 683.265,50

$$\text{Índice de preço} = \frac{\text{R\$ } 683.265,50}{7500\text{m}^2} = \frac{\text{R\$ } 91,10}{\text{m}^2}$$

Então, o valor global da área de compensação que representa o valor monetário dos danos ambientais será da ordem R\$ 4.546.199,74. O cálculo do valor encontra-se indicado na sequência.

$$\text{Valor dos danos ambientais HEA} = 49.903,4 \text{ m}^2 \times \frac{\text{R\$ } 91,10}{\text{m}^2} = \text{R\$ } 4.546.199,74$$

Valor monetário global dos danos ambientais do AHE = R\$ 4.546.199,74.

#### 4.3.2.6 Análise dos resultados

De acordo com o resultados obtidos pelos quatro métodos de valoração econômica dos danos ambientais apresentados temos na tabela 24 o resumo dos valores encontrados com a média e desvio padrão.

TABELA 24 - VALORES DOS RESULTADOS DOS MODELOS DE VALORAÇÃO AVALIADOS ESTATISTICAMENTE

<b>Modelo</b>	<b>Valor Dano (R\$)</b>	<b>Desvio Absoluto (R\$)</b>	<b>Desvio Relativo (%)</b>
AHE	4.546.199,74	254.016,81	5,59
CATE	4.340.534,00	48.351,06	1,11
VCP	4.229.470,00	62.712,94	-1,48
DEPRN	4.052.528,00	239.654,94	-5,91
Média	4.292.182,94	Desvio Absoluto Médio	151.183,94
Desvio Padrão	206.744,42	Variação +	4.443.366,87
---	---	Variação -	4.140.999,00

Fonte: O Autor

A média dos valores dos danos é de R\$ 4.292.182,94 e que de acordo com o desvio padrão pode variar de R\$ 206.744,42. Os dados indicam que o método CATE apresenta o menor desvio em relação à média, apresentando um desvio absoluto de R\$ 48.351,06 e desvio relativo de 1,11%.

O método VCP que teve resultado de R\$ 4.229.470,00 também apresentou um resultado satisfatório, com desvio relativo de -1.48%.

Os valores dos resultados dos métodos AHE e DEPRN não podem ser considerados resultados experimentais válidos, pois apresentam desvio relativo percentual maior que 5%.

Considerando que nossa amostragem de valores é relativamente baixa podemos considerar os valores dos resultados de AHE e DEPRN como satisfatórios, pois possuem pouco mais de 5% de desvio relativo, sendo de 5,59% e -5,91% respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

Desta forma conclui-se que o método de Pastakia é um método de avaliação prévia, para se determinar quais os impactos merecem maiores avaliações e estudos, no que se trata de impactos decorrentes de acidentes ambientais.

O presente estudo conclui que o método de Pastakia apresenta melhor resultado dos dados tratados estatisticamente para nossa proposta de alteração na fórmula para  $ES = (A1+A2) \times (B1+B2+B3)$ , somando os critérios A1 e A2 ao contrário da fórmula original que multiplica estes dois critérios.

Conclui-se que para cada acidente estudado deverá ser apresentado nova estrutura do Sistema Ambiental, adaptando a matriz RIAM de Pastakia para os subsistemas, fatores e componentes que melhor se adaptam ao caso estudado, da mesma forma os valores atribuídos a cada critério (A1, A2, B1, B2, B3 e B4) deverá ser também adaptado a cada caso, levando-se em conta a análise prévia da abrangência e correlação de cada critério ao que se pretende aplicá-los.

O método VCP é o método menos usual dos quatro adotados, percebido pela dificuldade de encontrar referências. É levado em consideração o custo de recuperação e os custos dos serviços ecossistêmicos, o que o diferencia do método CATE, que considera também o valor de recuperação, mas adicionalmente considera o valor da propriedade afetada ao invés dos serviços ecossistêmicos.

O cálculo do valor no espaço de tempo em função dos juros neste intervalo é considerado nos dois métodos, mas no CATE esta questão já está inserida na própria fórmula.

No método DEPRN sentiu-se dificuldade em relacionar o dano ao aspecto, sendo que no caso o dano 'comprometimento do aquífero' pode estar relacionado à contaminação do solo ou à contaminação da própria água lixiviada. Percebe-se que, tanto para o aspecto água quanto para o aspecto solo, os valores de critérios de qualificação dos agravos são os mesmos, sendo: comprovado= 3, fortes indícios= 2 e suposto= 1.

A aplicação dos métodos VCP, CATE e DEPRN devem ser utilizados quando se tem o valor de recuperação do ambiente afetado previamente, pois, estes

três métodos necessitam desta informação, dificultando o cálculo de valoração de danos não mensurados em seus valores de recuperação. Porém o método DEPRN usa um fator de multiplicação que é calculado a partir de critérios que levam em conta todos os aspectos afetados, independente do seu custo de recuperação.

O método AHE demonstrou ser o mais coerente em consideração ao fato de que não leva em conta o custo de recuperação, mas sim o valor comercial do imóvel e a área afetada, calculando uma área equivalente de compensação. Os únicos fatores deste método que leva em conta o tipo de dano causado é o tempo de recuperação e nível dos serviços relacionado ao aspecto ambiental afetado.

Com relação ao valor do resultado e o tratamento estatístico, conclui-se que o método CATE é o mais eficiente, apresentando um desvio relativo de 1,11%, tendo em seguida o método VCP com -1,48%, AHE de 5,59% e DEPRN de -5,91% de desvio relativo.

No presente estudo conclui-se que os quatro métodos aplicados ao estudo escolhido trazem resultados semelhantes e são eficientes para o caso estudado, porém cada método traz análises diferentes em suas fórmulas e conceitos.

Conclui-se também que o método AHE é o mais indicado quando não se tem o valor do custo de recuperação do dano causado, o que é fato em alguns casos onde não se tem tempo para análises de coleta de amostras e ensaios laboratoriais.

Posteriormente a este trabalho outros estudos fazem necessários para a continuação das ideias expostas. Diversas definições, conceitos e teorias são aplicados para os estudos da avaliação dos impactos ambientais de forma antecipada ao impacto, poucos estudos se referem a estes conceitos para os impactos já ocorridos, que é o mote principal do presente trabalho.

Foram citadas as definições e conceitos de indicadores, em seus tipos, escolha, coletas, etc. todo voltado para o planejamento do desempenho ambiental de uma organização, o qual adaptamos seus conceitos para facilitar o entendimento para aplicação em casos de danos ambientais já ocorridos, para o levantamento dos impactos gerados.

Estudos posteriores podem ser feitos para definir modelos de avaliação de impactos ambientais a partir de acidentes ou desastres ambientais, levando-se em conta os diversos fatores ambientais envolvidos com escalas de critérios mais abrangentes.

Este estudo fornece subsídios para que estudos futuros crie novos métodos de valoração econômica, podendo ser estudado a possibilidade de um método mais abrangente que seja utilizado para mais fatores e componentes ambientais envolvidos no cálculo.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. **Avaliação de Impactos Ambientais**. Disponível em: <<http://geokas.blogspot.com/search/label/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20impactos>> 2010a. Acesso em: 29 mai. 2011.

\_\_\_\_\_. **Direito Ambiental: Perícia e Avaliação Ambiental**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/3390848/3913apostila-pericia-ambiental>> Acesso em: 29 mai. 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 14001-2004**. Sistema de Gestão Ambiental “SGA”. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14004-1996**. Sistemas de Gestão Ambiental: diretrizes gerais sobre princípios sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14031-2004**. Gestão Ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de Avaliação do Impacto**. Curitiba: UFPR, 2010b.

ANDRADE, D.C. “**Modelagem e Valoração de Serviços Ecossistêmicos: Uma contribuição da Economia Ecológica**”. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Economia da UNICAMP, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14653-6**. Avaliação de bens - Parte 6: Recursos naturais e ambientais. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BARRANTES, G. **Metodología para La evaluación económica de daños ambientales em Costa Rica**. Costa Rica: Instituto para La Sostenibilidad (IPS), 2010.

BRANCO, S.G. Conflitos conceituais nos estudos sobre meio ambiente. **Revista Estudos Avançados**, n. 9, v.23, 1995.

BRANDLI, E.M.; PANDOLFO, A.; BECKER, A.C.; KUREK, J.; BRANDLI, F.L. Análise das vantagens e limitações dos métodos de valoração de recursos ambientais: Método do custo de viagem, método de valoração contingente e método de preços hedônicos. **Anais... XIII SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 06-08 nov. 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA – Resolução nº.420.. Disponível em [www.mma.gov.br/port/conama/](http://www.mma.gov.br/port/conama/). Dez. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 jan. 1986.

COSTANZA, R., D'ARGE, R.; GROOT, R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Journal Nature**, n.387,p. 253-260, May 1997.

FARLEY, J, and COSTANZA, R. Payments for ecosystem services: From local to global. **Ecological Economics**, n. 69, p. 2060-2068, 2010.

GALLI, L.F. **Valoração de Danos Ambientais Subsídio para a Ação Civil**. São Paulo: CESP, 1996.

HERBERT, B.P. **Estudo da Valoração Monetária de Propriedades Contaminadas em Ambientes Urbanos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Paraná, 2011.

HOLMGREN, K. and AMIRI, S. Internalising external costs of electricity and heat production in a municipal energy system. **Energy Policy**, 2007.

IBAMA, Peixoto, W.G. **Modelo de valoração econômica dos impactos ambientais em unidades de conservação**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Renováveis – Brasília, DF, 2002.

KASKANTZIS NETO, G. **Desempenho de Modelos de Valoração Econômica de Danos Ambientais Decorrentes da Contaminação do Solo: CATES; VCP; AHE; DEPRN**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1990.

KEMKES, R. J., FARLEY, J., and KOLIBA, C.J. Determining when payments are an effective policy approach to ecosystem service provision. *Ecological Economics* (this issue), 2010.

LA ROVERE, E.L. **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental**. Brasília: IBAMA, 2001.

MAIA, A.G.; “**Valoração de Recursos Ambientais**”, Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Economia da UNICAMP, 2002.

MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MOTTA, R. S. **Estimativa do custo econômico do desmatamento na Amazônia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2002

NOGUEIRA, J.M.; MEDEIROS, M.A.A.; ARRUDA, F.S.T. Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, n.2, p.81-115, maio/ago. 2000.

OLIVEIRA, A.M. “**Valoração Econômica dos danos ambientais causados pela erosão do solo agrícola: um estudo de caso no município de Santo Antonio do Jardim-SP**” Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Economia da UNICAMP, 2006.

OREA, D.G. **Evaluación de Impacto Ambiental**. Madrid: MP, 2002.

PAIVA, R.S. “**A Valoração Econômica ambiental a Partir da Economia Ecológica: Um Estudo de Caso para a Poluição Hídrica e Atmosférica na Cidade de Volta Redonda-RJ**”, Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Economia da UNICAMP, 2010.

PARANÁ. MINISTÉRIO PÚBLICO. **Autos nº 980/2000 da 2.a Vara Cível da Comarca de São José dos Pinhais**. Ação Civil Pública Ambiental contra a Empresa Recobem, Industria e Comércio de Tintas e Vernizes Ltda. e outras. 2000.

PASTAKIA, C.M.R. **The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM): A New Tool for Environmental Impact Assessment**. 2001. Disponível em: <<http://www.pastakia.com/riam/pix/publicate/CP-book-1.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2011.

PEREIRA, P.F.; SCARDUA, F.P. Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas. **Revista Ambiente & Sociedade**. Campinas v. XI, n. 1 p. 81-97 jan.-jun. 2008.

RIBAS, L.C. **Avaliação Econômica de Recursos Ambientais – Parte I**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

RIBAS, L.C. **Metodologia Valoração de Danos Ambientais: O Caso Florestal**. [Tese de doutorado] - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo , USP, 1996.

SÁNCHEZ, L.H.; **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SILVA, M.H. **Modelo de procedimento para elaboração de metodologia de valoração econômica de Impactos ambientais em bacias hidrográficas estudo de caso Guarapiranga: aplicação da função dose-resposta**. São Paulo 2008. [Dissertação de Mestrado] - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VINOTTI, S.L.M. **Como Aplicar a Valoração Econômica do Meio Ambiente Dentro da Gestão Ambiental?**. [Monografia de Especialização em Análise Ambiental do Setor de Ciência da Terra] - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ZAMPIER, J.F.; MIRANDA, G.M. Levantamento das Metodologias Propostas para Valoração Econômica de Bens Ambientais. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, Ano 2, n.1, jul. 2007.