Antônio Henrique Araújo Freitas

**GESTÃO AMBIENTAL COM AUXÍLIO DE
AVALIAÇÃO INTEGRADA DE RISCOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia

**São Paulo
2006**

**ANTÔNIO HENRIQUE
ARAÚJO FREITAS**

**GESTÃO AMBIENTAL COM AUXÍLIO DE
AVALIAÇÃO INTEGRADA DE RISCOS**

**MESTRADO
2006**

Antônio Henrique Araújo Freitas

**GESTÃO AMBIENTAL COM AUXÍLIO DE
AVALIAÇÃO INTEGRADA DE RISCOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Química

Orientador:
Gil Anderi da Silva

**São Paulo
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA

Freitas, Antônio Henrique Araújo

Gestão ambiental com o auxílio de avaliação integrada de riscos / A.H.A. Freitas. -- São Paulo, 2006.

115 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1.Gestão ambiental 2.Tomada de decisão 3.Riscos (Avaliação) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Antônio Henrique Araújo Freitas

Gestão ambiental com auxílio de avaliação integrada de riscos

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Química

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Antônio Ferreira Freitas Filho e Maria da
Conceição Araújo Freitas, por terem me criado,
educado e feito possível que chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Guglielmo Taralli, por ter influenciado na escolha do tema e ter contribuído decisivamente para a elaboração deste trabalho e para meu desenvolvimento profissional.

Ao Professor Dr. Gil Anderi da Silva pela orientação e por ter viabilizado a realização deste trabalho.

Ao Alexandre Yokote e Rolando Vadas pelas discussões, por vezes intermináveis, que contribuíram para a elaboração do trabalho.

À Cristiane Pinheiro Rei, por ter sido além de companheira uma incentivadora, me ajudando durante todo o período de realização do trabalho.

RESUMO

FREITAS. A. H. A. **Gestão ambiental com auxílio de avaliação integrada de riscos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

A tomada de decisões relacionadas à gestão ambiental em empresas comumente é afetada pela falta de conhecimento e dificuldade de gerenciamento de informações sobre questões ambientais, que muitas vezes são complexas e apresentam-se em uma linguagem pouco comum no meio gerencial. Essas dificuldades podem desacelerar a implementação de mudanças, que poderiam resultar em melhores condições de sustentabilidade do negócio da empresa, do meio ambiente e da sociedade. Metodologias existentes para auxílio à tomada de decisão aplicáveis à gestão ambiental normalmente focam o fator financeiro ou ambiental, sendo limitadas em relação à consideração desses dois fatores conjuntamente, ou à incorporação de outros no processo decisório. O presente trabalho de mestrado tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para auxílio à tomada de decisões gerenciais que incorpore informações sobre fatores financeiros, ambientais e sociais decorrentes de aspectos, impactos e riscos ambientais. Como resultado obteve-se uma metodologia baseada em avaliação integrada de riscos, que possibilita a estruturação e gerenciamento de um grande número de informações, facilitando seu entendimento e utilização nos processos decisórios. Essa metodologia foi aplicada em um estudo de caso envolvendo a tomada de decisão quanto à seleção de alternativas para a otimização da gestão de águas e efluentes em um complexo industrial. As alternativas foram avaliadas em termos de potencial de redução de riscos sob as perspectivas ambiental, financeira e de imagem da empresa, obtendo como resultados informações consolidadas que permitiram à Empresa sua comparação e seleção daquela com maior potencial de atender às suas expectativas. Os resultados obtidos no estudo de caso encorajam a utilização futura da metodologia desenvolvida.

Palavras-chave: Gestão Ambiental. Tomada de Decisão. Riscos.

ABSTRACT

FREITAS. A. H. A. Integrated Risk Assessment for Environmental Management.
Dissertation (Master) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,
2006.

Decision making regarding environmental management in companies usually is affected by the lack of knowledge and the difficulty to manage information concerning environmental issues, which can be complex and expressed in a terms not well understood by some managers. These difficulties can slow the implementation of changes which could result in better environmental, social and business conditions of the company. Existing methodologies for environmental decision making usually focus on financial or environmental aspects, being limited in terms of considering both together or accepting other aspects to the decision process. The goal of this work is to develop a methodology to help on environmental decision making which comprises financial, environmental and social aspects associated with environmental aspects, impacts and risks. As result of this work, it was developed a methodology based on integrated risk assessment, which makes possible structuring and management of a high amount of information, improving its understanding and use on decision making processes. This methodology was applied on a case study comprising decision making regarding the selection of alternatives for optimization of the water and wastewater management in an industrial complex. The alternatives were evaluated in terms of risk reduction potential under environmental, financial and company image perspectives, obtaining as result consolidated information which allowed the Company to compare these alternatives and select that which higher potential to attend its expectative. The satisfactory results obtained on this case study encourage future applications of the developed methodology.

Keywords: Environmental management. Decision Making. Risk.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
SUMÁRIO	iii
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
3 JUSTIFICATIVA	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Tomada de decisão	7
4.1.1 A tomada de decisões em empresas	8
4.1.2 O processo de tomada de decisão	9
4.1.3 Elementos da tomada de decisão	11
4.2 Aspectos e impactos ambientais	12
4.2.1 Identificação de aspectos e impactos ambientais	14
4.2.2 Indicadores de performance ambiental	15
4.3 Riscos	17
4.3.1 Probabilidade	17
4.3.2 Severidade	19
4.4 Custos ambientais	20
4.4.1 Identificação de custos ambientais	24
4.4.1.1 Custos convencionais e potencialmente ocultos	24
4.4.1.2 Custos de contingência	25
4.4.1.3 Custos de imagem e relacionamento	26

4.5	Tomada de decisões baseada em questões, riscos e custos ambientais	35
4.5.1	<i>Total Cost Assessment</i> - TCA (AIChE)	37
4.6	Considerações sobre a revisão bibliográfica	40
5	METODOLOGIA	42
6	DISCUSSÃO – DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA	43
6.1	Definições	46
6.1.1	Definição de valores (critérios) para a tomada de decisão	46
6.1.2	Definição de categorias de riscos	47
6.1.2.1	Escala de probabilidade	50
6.1.2.2	Escalas de severidade	50
6.1.2.2.1	Escala de impactos financeiros	51
6.1.2.2.2	Escalas de impactos ambientais	52
6.1.2.2.3	Escala de impactos de imagem	62
6.2	Etapas da aplicação da metodologia	65
6.2.1	Levantamento de pesos dos critérios para a tomada de decisão	65
6.2.2	Identificação dos aspectos associados à gestão ambiental	67
6.2.3	Identificação dos riscos atuais e futuros	69
6.2.4	Cálculo dos riscos	73
6.2.4.1	Pontuação dos riscos	73
6.2.4.1.1	Atribuição de valores de probabilidade	73
6.2.4.1.2	Atribuição de valores de severidade	74
6.2.4.1.3	Obtenção de valores de riscos	75
6.2.4.2	Ponderação dos riscos	76
6.2.4.3	Integração dos Riscos	76
6.2.4.4	Considerações sobre o cálculo dos riscos	77
6.2.5	Levantamento de alternativas para minimização dos riscos	79

6.2.6	Análise integrada das alternativas	81
6.2.7	Avaliação do risco residual resultante de cada alternativa	82
6.2.7.1	Redução do risco, independente do investimento	83
6.2.7.2	Redução do risco considerando o investimento	83
6.2.7.3	Relação entre o investimento e redução do risco	84
6.2.7.4	Considerações sobre a avaliação das alternativas	85
6.3	Resumo da metodologia desenvolvida	86
7	ESTUDO DE CASO	87
7.1	Descrição do problema	87
7.2	Aplicação da metodologia	89
7.2.1	Levantamento dos pesos dos critérios	89
7.2.2	Identificação dos aspectos	89
7.2.3	Identificação dos riscos	90
7.2.4	Cálculo dos riscos	94
7.2.5	Levantamento de alternativas	96
7.2.6	Análise integrada das alternativas	98
7.2.7	Avaliação do risco residual	103
7.2.7.1	Recálculo dos riscos para as alternativas	103
7.2.7.2	Avaliação da variação dos riscos devido às alternativas	107
7.2.8	Análise de sensibilidade	108
7.3	Considerações sobre o estudo de caso	110
8	CONCLUSÕES	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Exemplos de custos ambientais privados	23
Tabela 4.2 - Exemplos de valoração de recursos ambientais	33
Tabela 6.1 - Indicadores de impactos ambientais utilizados na metodologia	53
Tabela 6.2 - Exemplo de escalas de intensidade de impactos ambientais - utilizadas no estudo de caso	57
Tabela 6.3 - Exemplo de fatores de ajuste para as escalas de severidade de impactos ambientais - utilizadas no estudo de caso	61
Tabela 6.4 - Exemplo de escala de severidade de impactos de imagem - utilizadas no estudo de caso	64
Tabela 6.5 - Exemplo de planilha para consolidação da identificação dos riscos	72
Tabela 6.6 - Exemplo de planilha para cálculo e integração dos riscos	77
Tabela 6.7 - Exemplo de planilha para listagem das alternativas	80
Tabela 6.8 - Exemplo de planilha para avaliação integrada de alternativas	81
Tabela 7.1 - Principais aspectos identificados no estudo de caso	90
Tabela 7.2 - Principais cenários de risco identificados no estudo de caso	91
Tabela 7.3 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 0”	95
Tabela 7.4 - Alternativas levantadas no estudo de caso	97
Tabela 7.5 - Análise integrada das alternativas no estudo de caso	99
Tabela 7.6 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 1”	104
Tabela 7.7 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 2”	105
Tabela 7.8 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 3”	106
Tabela 7.9 - Resumo dos resultados de riscos para o estudo de caso	107
Tabela 7.10 - Resumo dos resultados de riscos para o estudo de caso utilizando diferentes pesos dos critérios para tomada de decisão	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Espectro dos custos ambientais	24
Figura 4.2 - Métodos de valoração ambiental	31
Figura 6.1 - Exemplo de escala de probabilidade	50
Figura 6.2 - Estrutura da metodologia	86
Figura 7.1 - Esquema do manejo de águas e efluentes do estudo de caso	88
Figura 7.2 - Alternativas avaliadas no estudo de caso	98

1 INTRODUÇÃO

Na medida em que as questões ambientais, como poluição hídrica, desmatamento, alteração da qualidade do ar, etc, vêm despertando o interesse da sociedade e sendo objeto de regulamentações cada vez mais restritivas nos últimos anos, as empresas passaram a ter que incluir esse fator em suas decisões gerenciais. Situações que até algum tempo atrás eram comuns em indústrias e não pesavam muito nas suas decisões gerencias, como o lançamento de efluente industrial com alta carga poluidora em um rio, ou liberação de emissões atmosféricas tóxicas sem tratamento, hoje podem ser aspectos com significativa relevância nos processos decisórios das empresas, que envolvem em muitos casos a priorização de investimentos.

Nesse contexto, tomadores de decisão em empresas freqüentemente se deparam diante das questões:

- 1- Por quê investir em meio ambiente?
- 2- Como priorizar os investimentos (ações) em meio ambiente?
- 3- Qual o retorno de investimentos em meio ambiente?

A falta de resposta a essas questões freqüentemente desestimula investimentos na área ambiental, desacelerando a implementação de processos físicos e organizacionais para a prevenção e controle da poluição, o que acaba resultando em uma pior qualidade do meio ambiente.

Uma das grandes dificuldades encontradas para responder a essas questões é a falta de conhecimento e a dificuldade de gerenciamento de informações sobre questões ambientais, que muitas vezes são complexas e apresentam-se em uma linguagem pouco comum no meio gerencial. Por exemplo, o conhecimento da concentração de contaminantes nas emissões atmosféricas de uma chaminé de uma

indústria pode ser de pouca valia para seu gerente no momento da definição de investimentos se ele não souber interpretar as implicações que isto pode trazer para o seu negócio.

Metodologias compreendendo a agregação e “tradução” de informações sobre questões ambientais para uma linguagem mais acessível, como a financeira, têm sido desenvolvidas e utilizadas para o auxílio à tomada de decisões em empresas. Algumas dessas metodologias buscam também avaliar as implicações da performance ambiental da empresa, como danos ao meio ambiente, problemas de conformidade com a legislação ambiental, danos à imagem da empresa, dentre outras, ajudando na compreensão de como a questão ambiental afeta suas atividades.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho de mestrado tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para auxílio à tomada de decisões gerenciais que incorpore informações sobre fatores financeiros, ambientais e sociais decorrentes de aspectos e impactos e riscos ambientais.

3 JUSTIFICATIVA

Ao longo de trabalhos profissionais realizados junto a indústrias brasileiras, foi constatado que algumas delas têm dificuldade de incorporar as questões ambientais em seus processos decisórios. A fim de avaliar a possibilidade de inclusão das questões ambientais nesses processos decisórios, buscou-se entender como se davam tais processos, sendo verificado que são baseados quase que exclusivamente em informações financeiras, que é a linguagem mais comum entre as áreas das empresas.

No momento de solicitação de recursos isto representa uma grande desvantagem para a área ambiental, que muitas vezes não consegue expressar os resultados esperados de suas ações (e.g.: melhora da performance ambiental da empresa), para as quais demanda recursos, em termos financeiros. Outras áreas, como a de produção, por exemplo, podem facilmente expressar os resultados esperados de suas ações (e.g.: aumento de produção) em termos financeiros.

Neste contexto, verificou-se que embora existam metodologias de auxílio à tomada de decisão que expressem as questões ambientais em termos financeiros, ou de custos ambientais, elas são ainda pouco utilizadas. Verificou-se ainda que nessas metodologias os custos ambientais são, em última instância o único fator realmente considerado no processo decisório. Nesses trabalhos, apenas as questões ambientais cuja tradução em termos financeiros era possível eram incorporadas na decisão final.

Buscou-se então avaliar a aplicação de metodologias existentes para incorporação das questões ambientais no processo decisório, porém, verificou-se que essa é uma tarefa complexa, demandando tempo e recursos que em alguns casos fogem da realidade do mercado brasileiro, no qual a maioria das empresas

não dispõe de muitos recursos para iniciativas de aprimoramento gerencial. Duas dificuldades principais ficaram evidenciadas:

- 1 – A dificuldade de valoração das questões ambientais: a tradução de aspectos, impactos e riscos ambientais em termos financeiros é muitas vezes uma tarefa complexa, e por vezes envolve uma incerteza tão grande, que faz com que os valores obtidos sejam pouco úteis no processo decisório.
- 2 – Uma análise puramente financeira das alternativas envolvidas no processo decisório é insuficiente para incorporar todas suas vantagens e desvantagens, visto que alguns dos potenciais resultados de tais alternativas podem não ser passíveis de valoração, ou quando são, resultam em valores financeiros com incerteza muito elevada, sendo pouco úteis nesse processo decisório.

Em relação à insuficiência dos dados financeiros, KAHN (2001) argumenta que a avaliação econômica não pode ser o único critério na tomada de decisão, destacando como uma das justificativas a utilização de altas taxas de desconto, que reduz a importância de investimentos com resultados a longo prazo, como muitos na área ambiental. Uma outra razão é que fatores cuja expressão em termos financeiros seja muito difícil podem acabar não sendo incorporados ou considerados na tomada de decisão, embora alguns possam ser relevantes à gestão dos negócios da empresa. As questões de imagem da empresa são um exemplo claro disso.

A incorporação de fatores não financeiros nos processos decisórios tem sido evidenciada por meio da crescente utilização do “*Balanced Scorecard*” (BSC) na medida da performance das empresas, o qual incorpora, além da perspectiva financeira, as perspectivas de clientes, dos processos internos e de aprendizado e crescimento (BRINGNALL, 2002).

BIEKER et al. (2002) enfatizam a necessidade de integração de questões ambientais, financeiras e sociais em sistemas de gerenciamento, exemplificado pelo BSC, para que as empresas atinjam a sustentabilidade corporativa, o que define como a capacidade de atender às necessidades das partes interessadas (acionistas, empregados, clientes, fornecedores, sociedade) sem comprometer sua habilidade de atender às necessidades de futuras partes interessadas.

A demanda pela incorporação de questões ambientais para suportar os processos decisórios das empresas, as dificuldades intrínsecas nos processos de valoração e a insuficiência dos indicadores financeiros na representação dessas questões apontam para a necessidade de elaboração de uma metodologia para auxílio à tomada de decisão que leve em consideração fatores financeiros e não financeiros decorrentes de aspectos, impactos e riscos ambientais. Isso justificou o desenvolvimento do presente trabalho de mestrado.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da bibliográfica para a elaboração do presente trabalho compreendeu a pesquisa e estudo de conceitos relacionados a:

- tomada de decisão;
- aspectos e impactos ambientais;
- riscos;
- custos ambientais;
- tomada de decisão envolvendo aspectos e impactos ambientais, riscos e custos associados.

A seguir são apresentados os principais resultados desta revisão.

4.1 Tomada de decisão

Embora o termo possa remeter a situações complexas e restritas a um pequeno número de indivíduos, a tomada de decisão está presente no cotidiano das pessoas, desde as decisões mais simples, que não lhes trazem grandes efeitos, até as decisões cruciais, que podem mudar suas vidas. O simples fato de escolher entre comer uma maçã ou uma laranja pode ser definido como uma tomada de decisão, assim como a escolha sobre seguir uma ou outra carreira profissional também se enquadra nesta definição.

No universo das empresas a tomada de decisão também envolve questões simples e outras mais complexas, que afetam as várias partes interessadas no negócio: empregados, acionistas, clientes, fornecedores e vizinhos. Na maioria das vezes, estas decisões envolvem questões financeiras, quer seja no investimento necessário à realização de uma ação, quer seja no retorno, positivo ou negativo, derivado da realização ou não dessa ação. Como exemplo, a decisão de uma

empresa por não atender a solicitação de aumento salarial para seus empregados pode resultar em baixa de produtividade, trazendo-lhe perdas financeiras.

Conforme apresentado anteriormente, a tomada de decisão sempre envolve escolhas entre uma ou mais alternativas, sendo a mais básica delas a de permanecer no estado original ou de realizar alguma ação que modifique este estado. Uma vez que se decida por realizar alguma ação, a tomada de decisão passa a envolver a escolha de alternativas de como realizar tal ação.

4.1.1 A tomada de decisões em empresas

Segundo BISPO (1998), os processos administrativos são basicamente processos decisórios e as decisões gerenciais são essenciais para a sobrevivência de empresas.

Um dos aspectos mais relevantes na tomada de decisões gerenciais em empresas é a alocação de recursos financeiros, visto que freqüentemente a demanda por tais recursos é maior que sua disponibilidade. Além disso, é comum que ações que demandam os limitados recursos das empresas tenham objetivos diferentes e, por vezes, conflitantes. Os acionistas demandam ações que lhes tragam como resultado o melhor retorno financeiro possível; os empregados demandam ações que resultem em melhores salários e condições de trabalho; os clientes demandam ações que resultem em melhoria / manutenção da qualidade dos produtos, redução / manutenção dos prazos de entrega e melhores preços; os fornecedores demandam ações que lhe possibilitem melhores condições comerciais; e os vizinhos demandam ações que minimizem os impactos negativos / maximizem os impactos positivos da empresa. Estes múltiplos objetivos se refletem internamente na demanda de recursos pelos setores das empresas. O setor produtivo demanda recursos para aumentar a produtividade, a área responsável

pela comercialização demanda recursos para aumentar as vendas, a área responsável pelo gerenciamento ambiental das empresas solicita recursos para atender as demandas legais e da comunidade relacionadas ao meio ambiente, e assim por diante.

Além dos múltiplos objetivos conflitantes, CLEMEN (1996) pondera que a tomada de decisão sempre envolve outras três fontes básicas de dificuldades: a complexidade, a incerteza inerente, e as diferentes perspectivas envolvidas no processo decisório.

Neste contexto de múltiplos interesses e dificuldades envolvidas no processo decisório, o tomador de decisões na empresa necessita, portanto, priorizar as alternativas de ações de forma a alocar os recursos financeiros da forma mais apropriada possível, que satisfaça o interesse do maior número de partes interessadas.

4.1.2 O processo de tomada de decisão

CLEMEN (1996) apresenta o processo de tomada de decisão estruturado nas seguintes etapas:

- identificação do problema e entendimento dos objetivos da tomada de decisão;
- identificação das alternativas;
- decomposição e modelagem do problema;
- escolha da melhor alternativa;
- análise de sensibilidade;
- verificação da necessidade de análise adicional; e
- implementação da alternativa escolhida.

Segundo este mesmo autor, a identificação exata do problema é essencial no processo decisório, visto que algumas vezes, por deficiência nesta identificação, acaba-se por tratar o problema errado, o que ele denomina como “erro de terceiro tipo”. Ele ainda pondera que o claro entendimento dos objetivos, após a identificação do problema, auxilia na identificação das alternativas para a solução do problema e indica como seus resultados poderão ser avaliados.

KEENEY (1992) apresenta uma ordem inversa para esta primeira etapa do processo decisório, argumentando que é mais apropriado entender claramente os objetivos centrais e posteriormente buscar modos – oportunidades de decisão (identificação do problema decisório) – para alcançar estes objetivos.

CLEMEN (1996) apresenta a decomposição do problema como a etapa chave no processo decisório, uma vez que permite lidar com partes menores e mais fáceis de gerenciar do problema, bem como entender sua estrutura e medir suas incertezas e valores. Este autor apresenta a modelagem como uma abordagem quantitativa e analítica para representar matematicamente e graficamente o problema envolvido na tomada de decisão, destacando como seu principal atrativo o fato dos resultados da representação matemática da decisão poderem ser analisados de forma mais objetiva que em uma análise qualitativa.

Segundo CLEMEN (1996), com a análise de sensibilidade no processo decisório busca-se verificar se a alternativa escolhida é susceptível a mudanças no modelo que representa a decisão. Caso verifique-se que a alternativa selecionada deixa de ser interessante para algum dos cenários avaliados, o tomador de decisão pode querer reconsiderar os aspectos para os quais a alternativa é sensível nas etapas anteriores do processo, como a decomposição e modelagem do problema, a identificação das alternativas e até mesmo a identificação do problema e

entendimento dos objetivos. Isto, portanto, torna a tomada de decisão um processo interativo (CLEMEN, 1996).

4.1.3 Elementos da tomada de decisão

Dentre os elementos envolvidos na tomada de decisão, são destacados nesta dissertação os valores, objetivos e as incertezas do processo decisório.

Valores representam os critérios considerados na tomada de decisão. No exemplo apresentado anteriormente de decisão entre comer uma maçã ou uma laranja, o indivíduo pode querer considerar o gosto, preço, dificuldade de comer a fruta (a laranja teria que ser descascada e a maçã não), dentre outros critérios a sua escolha. Embora na maioria das vezes não sejam explicitados, as pessoas consideram diferentes valores em suas decisões, que influenciam o modo e resultado de suas escolhas. Uma abordagem que explicita os valores envolvidos na tomada de decisão, bem como compreende a ponderação desses valores, consiste da figura de mérito, podendo ser utilizada isoladamente como método de auxílio à tomada de decisão ou em complementação a outros métodos (GUIMARÃES, 2004).

Os objetivos representam o que se quer alcançar na tomada de decisão. No exemplo apresentado anteriormente da escolha entre a maçã e a laranja, o objetivo pode ser o saciar a fome ou, simplesmente, ter prazer ao ingerir uma das frutas. Segundo CLEMEN (1996), sem objetivos, seria impossível estabelecer qual a melhor alternativa em uma decisão. No caso de empresas de capital privado, o objetivo final é a maximização dos lucros obtidos com a realização de suas atividades, visto que na ótica capitalista uma empresa que não gere resultados financeiros positivos é inviável. Isto faz com que quase todas (ou talvez todas) as decisões gerenciais de uma empresa tenham como objetivo a maximização dos seus lucros, mesmo que não explícito.

Ao selecionar uma alternativa, o tomador de decisão busca atender da melhor maneira possível aos objetivos pré-estabelecidos. Em grande parte das decisões, entretanto, não é possível ter certeza absoluta de que os resultados da alternativa selecionada irão satisfazer plenamente a tais objetivos. Esta incerteza implícita no processo decisório deve ser considerada e, se possível, quantificada, de forma a embasar a tomada de decisão. As incertezas implícitas no processo decisório podem ser internas ou externas, correspondendo àquelas que podem e que não podem ser afetadas pelas ações do tomador de decisão.

4.2 Aspectos e impactos ambientais

Na norma NBR ISO 14001 são apresentadas as seguintes definições para aspectos e impactos ambientais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a):

- aspecto ambiental: elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente;
- impacto ambiental: qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

Nas indústrias químicas, os aspectos ambientais verificados com mais frequência são:

- geração e lançamento de emissões atmosféricas (gases, partículas, ruído);
- geração e lançamento de efluentes líquidos;
- geração e disposição de resíduos sólidos;
- consumo de água;
- consumo de energia; e
- consumo de outros recursos.

Estes aspectos em sua maioria estão relacionados aos impactos ambientais apresentados a seguir:

- alteração da qualidade do ar;
- alteração da qualidade de água superficial;
- alteração da qualidade de água subterrânea;
- assoreamento de corpos d'água;
- alteração da qualidade de solos;
- esgotamento de recursos naturais;
- uso / modificação de espaço físico;
- danos à flora e à fauna;
- aquecimento global;
- depleção da camada de ozônio.

Embora a relação entre aspectos e impactos ambientais seja óbvia em alguns casos, pode apresentar mecanismos complexos em outros, demandando uma análise mais completa para estabelecer o vínculo entre causa e efeito. Como exemplo, emissões atmosféricas de partículas sedimentáveis podem levar à contaminação do solo superficial. Através de drenagem pluvial do material sedimentado no solo pode ocorrer contaminação de águas superficiais, levando a danos à flora e à fauna dependentes destas águas. Por outro lado, os contaminantes carregados pela água pluvial podem infiltrar e percolar no solo, alcançando o lençol freático e levando à contaminação da água subterrânea. Mais exemplos dessa complexidade podem ser encontrados em HOLLAND (2005), que considera para efeito de cálculo impactos ambientais a até 1000 km da fonte de emissões atmosféricas, bem como diversos mecanismos associando as emissões aos impactos.

4.2.1 Identificação de aspectos e impactos ambientais

A identificação de aspectos e impactos ambientais compreende uma das etapas iniciais da implantação de Sistemas de Gestão Ambiental. Na norma ISO 14004 a identificação de aspectos e impactos ambientais é apresentada como um processo contínuo, sendo recomendado levar em consideração as entradas e saídas associadas às atividades, produtos e/ou serviços atuais e passados da organização nessa identificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b). Nessa mesma norma é apresentado que esse processo inclui a identificação de potencial exposição legal, regulamentar e comercial que pode afetar a organização, podendo incluir ainda a identificação de impactos sobre a saúde e segurança das pessoas.

Ressalta-se ainda que na ISO 14004 recomenda-se a avaliação de impactos reais, potenciais, positivos e negativos associados às atividades em estudo, o que inclui dois conceitos pouco explorados em alguns casos, o de possíveis impactos, que pode ser compreendido no conceito de risco, e o de benefícios ambientais gerados pela atividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b).

Usualmente a identificação de aspectos e impactos ambientais envolve trabalhos de campo, podendo incluir listas de verificação, entrevistas, inspeções e medições diretas, resultados de auditorias anteriores ou outras análises, dependendo da natureza das atividades, seguindo-se a compilação e avaliação das informações levantadas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996). Torna-se importante, portanto, que as pessoas responsáveis pela identificação tenham algum conhecimento prévio das atividades em estudo, bem como das características ambientais locais, de modo planejar as

atividades de levantamento de informações de forma objetiva e abrangente o suficiente para cobrir, se não todos, a maioria dos aspectos e impactos ambientais associados à atividade em questão.

4.2.2 Indicadores de performance ambiental

Segundo OLSTHOORN (2000), o gerenciamento e tomada de decisão envolvendo questões complexas requer métodos para representação dessas questões através de unidades simples de medida, o que denomina como indicadores, ou informações condensadas para a tomada de decisão.

BERKHOUT (2001) pondera que indicadores de performance ambiental podem ser utilizados pelas partes interessadas no negócio de diferentes maneiras:

- gestores de negócios utilizam indicadores de performance ambiental como ferramenta de gerenciamento interno e para comunicação externa;
- bancos e seguradoras examinam os indicadores de performance ambiental das empresas para auxiliar na avaliação de riscos econômicos de longo prazo;
- gerenciadores de fundos utilizam critérios ambientais para responder a demandas para incorporação de preocupações ambientais e éticas em decisões de investimentos;
- responsáveis por formulação de políticas podem avaliar a efetividade de diferentes instrumentos políticos na melhora da performance ambiental de empresas;
- grupos ambientais comparam o perfil ambiental de empresas a fim de exercer pressão política naquelas com baixa performance;
- vizinhos observam qual a extensão de danos causados por uma empresa no meio ambiente local; e

- pesquisadores analisam o desenho e tendências para melhorar o entendimento das causas de alta e baixa performance ambiental.

Na norma ISO 14031 são apresentados indicadores para avaliação de performance ambiental agrupados em (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996):

- indicadores de performance ambiental:
 - indicadores de performance gerencial (informações sobre o esforço gerencial das empresas para influenciar sua performance ambiental);
 - indicadores de performance operacional (informações sobre a performance ambiental das operações das empresas).
- indicadores de condições ambientais (informações sobre as condições do meio ambiente).

Nessa norma são apresentados vários exemplos de indicadores de performance ambiental e de condições ambientais, a maioria deles expressa em medidas diretas, eventos ou números, muitos dos quais fracionados por unidades de tempo, empregado, venda ou produção. Alguns exemplos de indicadores apresentados na ISO 14031 são (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996):

- número de iniciativas de prevenção à poluição implementadas (performance gerencial);
- quantidade de emissão atmosférica de determinado contaminante por ano (performance operacional);
- odor medido a determinada distância da unidade industrial da empresa (condições ambientais).

Diante da grande diversidade de indicadores, a empresa deve selecionar aqueles que melhor representem suas atividades e cujos dados possam ser obtidos de maneira técnica e economicamente viável. WEHRMEYER (2001) apresenta que uma representação aproximada, e não uma precisa, é suficiente para descrever a performance ambiental de empresas, destacando em seu estudo o caso do setor de papel e celulose, para o qual a utilização de 32 indicadores em algumas empresas não produzira resultados muito diferentes da utilização de apenas 8 em outras, devido principalmente à falta de dados e pouca representatividade de alguns dos indicadores utilizados nos casos com maior número.

4.3 Riscos

De modo geral, risco representa a possibilidade de ocorrência de um evento (GUIMARÃES , 2003). FLOYD e FOOTITT (1999) apresentam dez métodos diferentes para o cálculo de riscos, todos envolvendo os conceitos de probabilidade (da ocorrência do evento) e de severidade (das consequências do evento), podendo ser representado de forma genérica como:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} \times \text{Severidade}.$$

4.3.1 Probabilidade

GUIMARÃES (2003) apresenta quatro definições de probabilidades:

- definição clássica;
- definição axiomática (ou média contável);
- frequência relativa;
- verossimilhança (ou probabilidade subjetiva).

Segundo o autor, a definição clássica corresponde à definição mais corrente, podendo ser denominada como “instintiva”. A probabilidade neste caso corresponde

à razão entre o número de alternativas que interessam ao experimento, N_A , e número de alternativas passíveis de realização, N , podendo ser representada por $P(A) = N_A/N$. Um exemplo desta probabilidade é a chance de acerto de números em jogo de dados. Considerando-se um dado com seis lados, cada um com um número de 1 a 6, a probabilidade de tirar um número qualquer, 2 por exemplo, em uma única jogada é de $1/6$.

A definição axiomática pode ser ilustrada pela medida contável, na qual probabilidade é dada pela razão entre o número de objetos particulares contados em uma amostra e número total de objetos observados nessa amostra. Um exemplo disso é a probabilidade de elementos defeituosos em uma linha de produção, que pode ser expressa pela razão entre o número de elementos defeituosos, k , e o número de elementos observados, n , ou seja, $P = k/n$ (GUIMARÃES, 2003).

Na definição de freqüência relativa, GUIMARÃES (2003) apresenta que, se um experimento é repetido n vezes, a probabilidade $P(A)$ é definida como o limite da freqüência relativa n_A/n quando n tende a infinito, ou seja, $P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} (n_A/n)$. Um exemplo da utilização dessa probabilidade é a determinação da freqüência de falha de um determinado tipo de equipamento, que pode ser obtida através do número de falhas observada em um longo período de operação (vários anos). Neste caso é comum somar os períodos de operação de vários equipamentos do mesmo tipo operando sob condições semelhantes, de forma a se obter um número de experimentos, observações diárias, suficientemente elevado para ter representação estatística.

A verossimilhança, ou probabilidade subjetiva, representa a medida da confiança que pode ser dada a uma proposição incerta, usualmente derivada da reflexão e análise do cenário na qual esta probabilidade está inserida (GUIMARÃES,

2003). Dessa forma, é comum que diferentes analistas associem diferentes probabilidades a uma proposição, dependendo de seu julgamento.

Nos processos decisórios envolvendo questões e riscos ambientais a disponibilidade de dados e os cenários avaliados determinarão o tipo de probabilidade utilizada. A verossimilhança, embora possa ser questionada devido a sua subjetividade, muitas vezes é a única forma de representar a possibilidade de ocorrência de eventos que também dependem de julgamento, como, por exemplo, modificações na legislação ambiental ou reclamações sobre a performance ambiental de uma empresa.

4.3.2 Severidade

No conceito de risco a severidade representa o grau das conseqüências de um evento, e pode ser aplicada a uma série de categorias, como pessoas, meio ambiente, bens, propriedade, dentre outros (GUIMARÃES, 2003). Em alguns casos a severidade compreende além do conceito de intensidade (quanto um receptor é afetado), a abrangência (quantos receptores são afetados).

Na categoria de pessoas, as conseqüências podem ser expressas como danos à saúde, devido à exposição a agentes tóxicos ou cancerígenos, e à segurança, decorrente de eventos acidentais. Nesse último caso, pode-se expressar os danos pelo número e intensidade de injúrias (lesões leves, severas, etc) e número de fatalidades decorrentes do evento acidental.

Na categoria de meio ambiente, as conseqüências podem ser representadas pelos impactos ambientais, conforme apresentado na Seção 4.2. Neste caso, a severidade dos impactos pode ser expressa pela modificação causada no meio, como o grau e abrangência de alteração da qualidade do ar ou água superficial ou número de espécies animais, peixes por exemplo, afetadas. Nesse último caso,

pode-se associar a severidade ao incremento da toxicidade do meio aquático, levantada através de testes ecotoxicológicos com espécies representativas do meio em estudo (FREITAS, 2003).

Para a categoria de bens e propriedades a severidade pode ser expressa como número de instalações afetadas ou destruídas, sendo normalmente transformado em indicadores financeiros, ou seja, o custo para reformar/refazer as instalações até o seu estado original.

Além das conseqüências a bens e propriedades, indicadores financeiros, expressos através de números absolutos (reais, dólares, etc.) ou normalizados (percentual do faturamento, do lucro, etc.), podem ser utilizados para representar a severidade das conseqüências a pessoas e ao meio ambiente, bem como conseqüências a bens intangíveis, como a imagem das empresas.

4.4 Custos ambientais

MORAES (2005) apresenta a contabilidade como a principal fonte de informação para fins de tomada de decisão, pois permite evidenciar a composição patrimonial de bens, direitos e obrigações de várias categorias, homogeneizando-os por meio da mensuração monetária. Neste contexto, torna-se cada vez mais importante os conhecimento e análise dos custos ambientais, que podem corresponder a parcelas significativas dos custos totais das empresas. No documento *Total Cost Assessment Methodology – Internal Managerial Decision Making Tool* preparado pelo American Institute of Chemical Engineers (AIChE) são apresentados exemplos que ilustram essa significância, como o caso de uma refinaria da Amoco Petroleum, cujos custos ambientais correspondem a pelo menos 22% dos custos operacionais, e de uma planta de pesticidas da DuPont, cujos

custos ambientais representam 19% dos custos totais de manufatura (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1999).

Segundo KRAEMER (2004), os custos ambientais representam todo empenho, todo o esforço direta ou indiretamente vinculado a qualquer gasto, independentemente de desembolso, relativo a bens ou serviços que visem, única e exclusivamente a preservação do meio ambiente.

Enquanto alguns custos, como os incorridos com monitoramento e equipamentos de controle da poluição, são claramente ambientais, outros podem estar situados na fronteira entre custos ambientais e outros tipos de custos, como operacionais, pesquisa e desenvolvimento, dentre outros. Como exemplo, um investimento em um novo equipamento que reduza o consumo de energia de uma empresa pode ser visto como operacional, pois reduziria os custos de operação, ou ambiental, pois reduziria o aspecto de consumo de energia. O modo como uma empresa define um custo ambiental depende de como pretende utilizar esta informação (e.g.: alocação de custos, definição de orçamento, design de processos/produtos ou outras decisões gerenciais). Mais importante que definir como ambientais ou não é garantir que os custos relevantes recebam atenção apropriada na tomada de decisão (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1995).

Os custos ambientais podem ser divididos em dois grandes grupos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1995):

- custos privados: afetam somente a empresa geradora de suas causas, que é legalmente responsável por tais custos;
- custos sociais: também denominados “externalidades”, afetam indivíduos, sociedade e meio ambiente, e não são imputados legalmente à empresa geradora de suas causas.

Uma vez que a definição de custos privados e sociais depende de questões legais, pode haver variações na fronteira entre esses custos, dependendo das leis aplicáveis e de sua interpretação. Por exemplo, custos hospitalares decorrentes de tratamentos de doenças respiratórias devido a emissões atmosféricas de indústrias, que usualmente são cobertos pelo governo ou pelos indivíduos afetados, sendo, portanto, custos sociais, poderiam, por meio de decisões judiciais, ser imputados às empresas geradoras, passando a ser considerados como custos privados.

Os custos ambientais privados podem ser divididos em 4 tipos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1995):

- custos convencionais: custos diretos, incluindo operação e manutenção, que usualmente são considerados na contabilidade das empresas;
- custos potencialmente ocultos: custos indiretos, não alocados a produtos ou processos, que podem ser potencialmente ocultos para gerentes de empresas e não considerados em processos decisórios. Podem ser incorridos antes, durante e após a operação de processos, sistemas e instalações e podem decorrer do cumprimento de regulamentações ou de ações voluntárias;
- custos de contingência: podem ou não incidir em algum momento futuro. São melhor descritos em termos probabilísticos, pelo seu valor esperado, faixa ou probabilidade de exceder um certo valor.
- custos de imagem e relacionamento: também denominados custos “menos tangíveis”, “intangíveis” ou de “imagem corporativa”, afetam subjetivamente (embora de forma mensurável) a percepção de gerentes, clientes, empregados, comunidade e reguladores. Podem ser refletidos em variações do valor de mercado da empresa, maior ou menor dificuldade na obtenção de licenças e empréstimos, dentre outros (WAGNER, 2001).

Na Tabela 4.1 são apresentados exemplos dos custos ambientais privados.

Tabela 4.1 - Exemplos de custos ambientais privados

Tipos de Custos	Exemplos de Custos
Custos Convencionais	Capital de equipamentos; materiais; mão de obra; utilidades, estruturas.
Custos Potencialmente Ocultos	<p>Anteriores a operação: Estudos ambientais; preparação do terreno; licenciamento; pesquisa e desenvolvimento; engenharia e aquisições; instalação.</p> <p>Regulatórios / conformidade (durante a operação): Notificação; elaboração de relatórios; monitoramento/testes; estudos/modelagens; remediação; registro de dados; planos; treinamentos; inspeções; manifestos; classificação de resíduos; equipamentos de proteção; vigilância médica; seguro ambiental; seguro financeiro; controle de poluição; resposta a vazamentos; gerenciamento de efluentes pluviais, gerenciamento de resíduos; taxas/impostos.</p> <p>Voluntários / além da conformidade (durante a operação): relação com comunidade; monitoramento/testes; treinamento, auditorias; qualificação de fornecedores; relatórios (e.g.: relatórios ambientais anuais); seguros; planejamento; estudos de viabilidade; remediação; reciclagem; estudos ambientais; pesquisa e desenvolvimento; proteção de habitat; paisagismo; outros projetos ambientais; ajuda financeira a grupos ambientais ou pesquisadores.</p> <p>Posteriores a operação: Fechamento/descomissionamento; pós-fechamento (e.g.: monitoramento de áreas contaminadas); levantamentos de campo.</p>
Custos de Contingência	Custos de conformidade futura; multas/penalidades; resposta a liberações acidentais futuras; remediação; danos a propriedades; danos a pessoas; despesas legais; danos a recursos naturais; perdas econômicas.
Custos de Imagem e Relacionamento	Imagem corporativa; relacionamento com clientes (aceitação e fidelidade), investidores, seguradoras, staff profissional, trabalhadores, fornecedores, bancos (empréstimo), comunidades locais, órgãos reguladores .

Fonte: Adaptado de ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1995)

No documento *An Introduction to Environmental Accounting as a Business Management Tool: Key Concepts and Terms* preparado pela Environmental Protection Agency (EPA) é enfatizada a necessidade da inclusão dos custos privados nos processos decisórios das empresas, sendo encorajado também a consideração dos custos sociais. É destacado, entretanto, que à medida que se amplia o escopo dos custos ambientais, a empresa pode encontrar maior dificuldade no seu levantamento e mensuração, conforme ilustrado na Figura 4.1 (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1995).

Figura 4.1 - Espectro dos custos ambientais

Fonte: Adaptado de EPA (1995)

4.4.1 Identificação de custos ambientais

4.4.1.1 Custos convencionais e potencialmente ocultos

Os custos ambientais dos tipos convencionais e potencialmente ocultos geralmente podem ser determinados a partir do sistema de contabilidade interno das empresas, os quais são usualmente específicos para cada companhia (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1999).

No Brasil comumente as empresas não diferenciam esses custos em sua contabilidade, considerando-os como parcelas de custos operacionais, ou mesmo desconhecendo-os.

Uma forma rudimentar de identificar tais custos ambientais seria imaginar uma mesma empresa operando no contexto ambiental atual e em um contexto hipotético, no qual não haveria restrições ou controles dos órgãos ambientais ou qualquer tipo de conscientização da população sobre o meio ambiente. Nesta situação hipotética, a empresa não necessitaria de estrutura física e de pessoal para prevenção e controle de poluição, não incorrendo nos custos para instalação e manutenção desta estrutura, monitoramento e elaboração de relatórios ambientais, dentre outros. Esses custos originados devido ao contexto ambiental atual e futuro no qual as empresas estão inseridas poderiam ser classificados como ambientais.

4.4.1.2 Custos de contingência

Conforme apresentado anteriormente, os custos de contingência podem ser descritos em termos de sua probabilidade de ocorrência e valor esperado. Exemplos de bancos de dados contendo informações sobre valores desse tipo de custos, a maior parte deles preparado pela EPA são apresentados no documento *Total Cost Assessment Methodology – Internal Managerial Decision Making Tool* preparado pelo AIChE, onde também são discutindo-se também uma série de fatores que podem influenciar na probabilidade de ocorrência desses custos (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1999):

- opinião pública, que pode influenciar iniciativas de órgãos reguladores para aumento dos controles sobre as empresas;
- a extensão e toxicidade dos contaminantes no caso de vazamentos acidentais;
- o histórico da empresa em relação a não conformidades;

- a proximidade da empresa de receptores ambientais sensíveis: corpos d'água utilizados para abastecimento, pesca ou recreação, fontes de água subterrânea, habitats protegidos (e.g.: manguezais), etc.;
- a quantidade e toxicidade de resíduos no caso de disposição inadequada;
- o clima regulatório (e.g.: um clima apontando para restrição das regulamentações no futuro pode refletir em aumento dos custos); etc.

Tanto os valores esperados quanto a probabilidade de ocorrência dos custos de contingência dependem fortemente da ação dos órgãos reguladores, que determinarão a incidência de tais custos para as empresas. Dessa forma, para a determinação de valores de custos de contingência deve-se priorizar a utilização de base de dados locais, que reflitam a ação dos órgãos reguladores que atuam sobre a empresa em estudo.

4.4.1.3 Custos de imagem e relacionamento

No documento *Total Cost Assessment Methodology – Internal Managerial Decision Making Tool* preparado pelo AIChE são apresentados trabalhos que relacionam custos de imagem e relacionamento a características e eventos com significância ambiental, sendo ressaltado, entretanto, que nenhum dos estudos avaliados quantifica e correlaciona objetivamente os impactos em termos de valor de ações ou custos para as empresas com sua reputação ambiental, registros ambientais, incidentes ambientais passados ou relatórios ambientais. Também é apresentado que não há consenso na relação entre responsabilidade social corporativa com a performance ambiental das empresas. Dentre os trabalhos apresentados a maioria mostra que uma melhor ou pior performance ambiental, expressa por número e severidade de incidentes ou por relatórios ambientais, refletem respectivamente em melhor e pior performance financeira, ilustrada na

maioria dos casos em aumento ou redução do valor das ações da empresa, sem, entretanto, haver uma relação matemática que correlacione as duas performances. Há ainda outros estudos que afirmam não haver associação entre a performance ambiental e financeira das empresas para os respectivos casos estudados (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1999).

A probabilidade de ocorrência de custos de imagem e relacionamento pode ser associada à reputação da empresa, histórico de incidentes ambientais e qualidade do relacionamento da companhia com investidores, bancos, comunidades e órgãos reguladores (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1999).

Dessa forma, é possível que duas empresas que gerem um mesmo tipo de incidente ambiental, como um vazamento de certa quantidade de óleo em um determinado corpo d'água, apresentem custos de imagem muito diferentes. Também são conhecidos casos de empresas que tem maior dificuldade e, conseqüentemente, maiores custos na obtenção de licenças ambientais para suas atividades em função de seu histórico. A forma como informações sobre a performance ambiental das empresas são veiculadas, também pode exercer forte influência nos seus custos de imagem, o que fica evidenciado em casos de acidentes ambientais. O simples fato de o acidente ser ou não veiculado em um canal de imprensa de grande abrangência, pode resultar em uma variação significativa dos seus custos de imagem.

4.4.1.4 Custos sociais ou “externalidades”

Os custos sociais podem ser determinados pela (ELETROBRAS, 2000):

- quantificação e valoração do dano causado pela atividade geradora dos impactos ambientais, por meio da determinação de funções dose-resposta; e
- valoração econômica do recurso ambiental.

Metodologias de quantificação do dano – função dose-resposta

As metodologias de quantificação de danos baseiam-se no estabelecimento das relações físicas entre a causa (e.g.: emissões atmosféricas) e efeito de um dano ambiental (e.g.: corrosão em prédios ou incidência de doenças respiratórias), as quais são denominadas funções dose-resposta. As etapas para aplicação desses métodos consistem resumidamente (ELETROBRAS, 2000) de:

- 1- Identificação e caracterização das emissões de poluentes do empreendimento;
- 2- Determinação da concentração dos poluentes no meio ambiente (aquático, atmosférico ou solo) através de modelos de dispersão;
- 3- Estabelecimento da relação quantitativa entre a dose e os efeitos causados pelo poluente (e.g.: a exposição à determinada concentração de material particulado por certo tempo – dose – causaria doenças respiratórias – efeito);
- 4- Cálculo do incremento do risco individual causado pelo poluente (e.g.: incremento do risco de doenças respiratórias em indivíduos devido à exposição à determinada concentração de material particulado);
- 5- Cálculo do incremento do risco total ou coletivo, dado pelo produto do risco individual pela população ou bens patrimoniais e ambientais afetados pelo poluente.
- 6- Determinação do preço do dano (e.g.: custo unitário para tratamento de doença respiratória ou para restauração de um monumento corroído por chuva ácida);
- 7- Determinação do valor total do dano, dado pelo produto entre o preço do dano e a extensão do impacto (incremento do risco total).

HOLLAND (2005) apresenta uma série de casos que exemplificam a utilização de funções dose-resposta para o cálculo de custos sociais associados a emissões atmosféricas na Europa, os quais são expressos por meio do incremento de custos hospitalares e de fatalidades decorrentes de doenças respiratórias causadas por essas emissões.

No documento *The Benefits and Costs of the Clean Air Act* preparado pela EPA são utilizadas funções dose-resposta para calcular os custos e benefícios (custos evitados), do “*Clean Air Act*” de 1970 a 1990, compreendendo itens relacionados à agricultura, meio ambiente e saúde humana (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

O estabelecimento de funções dose-resposta pode representar uma tarefa árdua e pouco precisa, na medida em que as relações causais em ecologia são ainda pouco conhecidas e de estimativa bastante complexa (ELETROBRÁS, 2000). Como exemplo dessa complexidade, um dos casos abordados pela EPA compreende o cálculo dos custos adicionais com educação de crianças cujo quociente de inteligência (QI) fora afetado por emissões atmosféricas de chumbo (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

Metodologias de Valoração do Meio Ambiente

Embora o uso de recursos ambientais não tenha seu valor reconhecido no mercado, pois tais recursos são públicos e não são comercializados, seu valor econômico existe na medida em que seu uso altera o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

Nas estimativas de custos sociais, ou externalidades, busca-se levantar e avaliar a variação do “valor econômico do recurso ambiental” (VERA), que é constituído de (ELETROBRÁS 2000):

- “Valor de Uso” (VU): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental pelo seu uso presente ou pelo seu potencial de uso futuro. Pode ser dividido em:
 - “Valor de Uso Direto” (VUD): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental em função do bem estar que ele proporciona através de uso direto (e.g.: na forma de extrativismo, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto);
 - “Valor de Uso Indireto” (VUI): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício de seu uso deriva de funções ecossistêmicas (e.g.: contenção de erosão, estabilidade climática decorrente da preservação de florestas);
 - “Valor de Opção” (VO): valor que os indivíduos estão dispostos a pagar para manterem a opção de futuramente fazer uso do recurso ambiental, de forma direta ou indireta (e.g.: o benefício de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais, ainda não descobertas, de plantas nas florestas tropicais).
- “Valor de Não Uso” (VNU) ou “Valor de Existência” (VE): valor que está dissociado do uso e deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo (e.g.: mobilização da opinião pública para

salvamento das baleias ou dos ursos panda em regiões que a maioria das pessoas nunca visitará ou terá qualquer benefício de uso).

O valor econômico do recurso ambiental é então dado por:

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE$$

A medida que passa-se dos valores de uso direto para de não uso aumenta-se a dificuldade de estimar tais valores (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

As metodologias que possibilitam levantar os valores econômicos dos recursos ambientais, podem ser agrupadas conforme Figura 4.2 (ELETROBRÁS, 2000).

Figura 4.2 - Métodos de valoração ambiental

Fonte: ELETROBRAS (2000)

Os métodos de valoração indireta, também denominados métodos de função de produção, podem ser utilizados quando a produção ou consumo de um bem privado for afetada pela variação da quantidade e/ou qualidade de recursos ambientais (ELETROBRAS, 2000).

Os benefícios ou custos da variação da disponibilidade do recurso ambiental são calculados pelo produto entre a variação da quantidade dos bens privados e seu valor de mercado. Por exemplo, a perda de produtividade do solo causada por

erosão devido ao desmatamento de áreas adjacentes pode ser calculada pela variação da produtividade agrícola da área afetada, ou a redução da sedimentação de uma bacia devido a um projeto de revegetação, pode ser expressa pelo aumento da vida útil (produtividade) de uma hidrelétrica instalada no local (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

Os métodos de valoração direta, também denominados métodos de função de demanda, assumem que a variação da disponibilidade de um recurso ambiental altera a disposição a pagar ou aceitar dos agentes econômicos em relação àquele recurso ou seu bem privado complementar. Por exemplo, os custos de viagem que as pessoas incorrem para visitar um determinado parque podem determinar a disposição a pagar dos indivíduos em relação aos recursos ambientais dessa área (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

Visto que o aprofundamento teórico dos métodos de valoração ambiental não é objeto da presente dissertação, será apresentado na Tabela 4.2 apenas alguns exemplos de utilização dos métodos de valoração.

Tabela 4.2 - Exemplos de valoração de recursos ambientais

Método de Valoração	Exemplo
Produtividade marginal	<ul style="list-style-type: none"> - valor econômico da perda de produtividade agrícola devido à erosão do solo; - valor econômico da variação da produtividade das atividades de pesca e turismo devido a alteração da qualidade de corpos d'água.
Despesas de reposição	<ul style="list-style-type: none"> - despesas com reposição de nutrientes no solo perdidos devido à erosão; - despesas com reflorestamento.
Despesas de realocização	- despesas com mudança do local de captação em um corpo d'água parcialmente contaminado.
Despesas de proteção	- custos para instalação de isolamento acústico para proteção contra ruídos em grandes cidades.
Despesas de prevenção / mitigação	- custos para construção de diques para contenção de drenagem pluvial para prevenir erosão do solo.
Preços Hedônicos	<ul style="list-style-type: none"> - variação do custo de propriedades em função da proximidade de um bem natural conservado (e.g.: praia ou floresta); - variação do salário em função da presença de condições ambientais adversas (e.g.: poluição atmosférica)
Custos de viagem	- custos que indivíduos incorrem para visitar um parque nacional.
Valoração contingente	<ul style="list-style-type: none"> - disposição a pagar para garantir a qualidade da água de um rio (pagamento de uma taxa hipotética); - disposição a aceitar pelo desmatamento da floresta amazônica (recebimento de uma compensação hipotética).

Fonte: Adaptado de MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2004)

Durante a pesquisa bibliográfica verificou-se que os métodos de produtividade marginal e de valoração contingente apresentam-se como os mais freqüentes em estudos de valoração ambiental.

A utilização do método de produtividade marginal depende do estabelecimento de funções de produção correlacionando a variação da quantidade / qualidade do recurso ambiental e a variação da quantidade do bem privado, o que, conforme

discutido para o caso de funções dose-resposta, pode ser uma tarefa complexa (ELETROBRAS, 2000).

Um exemplo dessa complexidade pode ser ilustrado por um dos estudos de caso apresentados no documento *Manual de Valoração Ambiental* preparado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), no qual tentou-se, correlacionar matematicamente a população de uma determinada espécie de lagartos nas Antilhas, que atua como predador de pestes que afetam a agricultura, com a produtividade agrícola da região. Nesse estudo de caso não é obtida uma função dose resposta que pudesse ser aplicada a esse caso (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

O método de valoração contingente é a única técnica com potencial de captar o valor de existência, porém envolve custos elevados de pesquisa, que podem ser superiores a US\$ 100 mil para estudos simples (KAHN, 2001).

Este método baseia-se na aplicação de questionários específicos sobre a disposição a pagar pela manutenção ou melhora na qualidade ou disponibilidade de um recurso ambiental, ou a disposição a aceitar pela redução dessa qualidade / disponibilidade. A grande crítica a este método, entretanto, é sua limitação em captar valores ambientais que indivíduos não entendem, ou mesmo desconhecem (e.g.: ursos panda na China) e o caráter hipotético da pesquisa, que pode levar os entrevistados a superestimar valores por saberem que na realidade não vão arcar com os custos pesquisados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

4.5 Tomada de decisões baseada em questões, riscos e custos ambientais

Primeiramente, deve-se ressaltar que a incorporação de questões, riscos e custos ambientais no processo de tomada de decisão não soluciona a questão da escolha de alternativas, mas sim fornece informações adicionais ao tomador de decisões que, juntamente com outras informações técnicas, financeiras, políticas, etc, lhe possibilitam uma análise mais abrangente do problema. A palavra final no processo decisório caberá aos tomadores de decisão.

SHIELDS (1997) apresenta que as cinco empresas dos ramos de química e óleo e gás avaliadas em seu estudo utilizam custos ambientais e complementarmente indicadores não financeiros em seus processos de tomada de decisão. Este autor argumenta ainda que ao nível de plantas industriais os indicadores não financeiros são mais úteis, pois podem ser levantados de maneira mais ágil que os custos ambientais, atendendo a demanda de decisões imediatas, normalmente presenciada nas indústrias. À medida que se sobe nos níveis de tomada de decisão, os custos ambientais passam a ter um papel mais importante, pois permitem agregar informações de várias áreas e o processo decisório pode ter prazo mais longo, possibilitando o levantamento desses custos.

A utilização de índices não financeiros para incorporar fatores ambientais no processo de tomada de decisão usualmente se faz por meio do uso de indicadores de performance ambiental, discutidos na Seção 4.2.2.

Na metodologia de análise de ciclo de vida (ACV), onde são inventariados os aspectos e impactos ambientais gerados por um produto desde seu berço (extração das matérias primas) até seu túmulo (disposição final do produto após seu uso), indicadores de impacto ambiental são utilizados para avaliar alternativas que

possibilitem a redução desses impactos ambientais, como novas rotas de produção ou alteração de matéria prima (KULAY, 2000).

Nos casos de utilização de indicadores não financeiros, os tomadores de decisão usualmente buscam a redução ou não aumento dos aspectos e impactos ambientais associados a suas empresas.

No documento *Background Paper On Valuing Environmental Benefits and Damages in the NIS: Opportunities to Integrate Environmental Concerns into Policy and Investment Decisions* preparado pela Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) são apresentados alguns casos de utilização de custos e benefícios ambientais no processo de priorização de investimentos públicos, onde são utilizadas algumas das metodologias de identificação de custos ambientais apresentadas em 4.4.1. Nesse trabalho é ressaltado que dentre as alternativas avaliadas em cada caso, uma é a “não ação”, cujos custos associados correspondem às perdas financeiras decorrentes da não mudança do cenário atual (e.g.: continuar com altos custos com internações hospitalares devido a doenças respiratórias agravadas por poluição atmosférica) (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2000).

Dentre os trabalhos pesquisados durante a revisão bibliográfica, o que mostrou-se mais completo em termos de compreender questões, riscos e custos ambientais foi o *Total Cost Assessment* (TCA) do AIChE, cuja metodologia é apresentada no documento *Total Cost Assessment Methodology – Internal Managerial Decision Making Tool* (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1999). Esta metodologia é apresentada resumidamente a seguir.

4.5.1 Total Cost Assessment - TCA (AIChE)

Esta metodologia compreende a consideração de amplo espectro de custos e benefícios ambientais, incluindo alguns normalmente não contabilizados pelas empresas, no processo de tomada de decisão, consistindo, em uma definição genérica, em uma análise custo-benefício para avaliação de alternativas.

Neste trabalho os custos ambientais são classificados conforme definições da EPA, apresentadas na Seção 4.4, em tipos de I a V, correspondendo a:

- I - custos diretos (convencionais);
- II – custos potencialmente ocultos;
- III – custos de contingência;
- IV - custos intangíveis internos (imagem e relacionamento); e
- V – custos externos (sociais).

O procedimento para aplicação da metodologia do TCA consiste em sete etapas:

- 1 - Definição da decisão e de seu escopo: descrição da decisão a ser avaliada ou projeto, seus objetivos, restrições e alternativas de decisão.
- 2 - Detalhamento das questões ambientais envolvidas na decisão: identificação e descrição dos aspectos e impactos ambientais envolvidos em cada alternativa;
- 3 - Identificação de riscos potenciais que podem gerar custos do tipo III, IV e V: identificação de cenários de riscos compreendendo incertezas internas (e.g.: liberações acidentais) e externas (e.g.: mudanças na legislação) e os possíveis custos incorridos (e.g.: multas, remediação) associados a cada alternativa;

- 4 - Condução do inventário de custos: identificação dos custos dos tipos I a V associados a cada alternativa e definição das probabilidades a serem aplicadas aos cenários de risco.
- 5 - Condução da avaliação de impactos: determinação das maiores contribuições para os custos em cada alternativa e quais serão incorporados na análise, em função da sua confiabilidade, parcela de contribuição e entendimento por parte dos tomadores de decisão.
- 6 - Documentação dos resultados.
- 7 - Feedback para os tomadores de decisão da empresa: os resultados do TCA serão incorporados no processo decisório, juntamente a outras informações.

De forma a ilustrar a aplicação do TCA, no documento *Total Cost Assessment Methodology – Internal Managerial Decision Making Tool* é apresentado um exemplo hipotético envolvendo o cálculo dos custos associados a dois tipos de resíduos em uma indústria, um cuja disposição seria feita por meio de incineração na própria indústria (resíduo 1) e outro cuja disposição seria feita externamente em um aterro (resíduo 2). O objetivo da decisão no exemplo é a minimização dos custos de disposição e de potenciais responsabilidades futuras (e.g.: remediação), por meio de investimentos em pesquisa e desenvolvimento para a redução da geração do resíduo associado ao maior custo ambiental.

Inicialmente são considerados na análise os custos do tipo I e II associados a cada resíduo, compreendendo uma parcela de custos administrativos corporativos, depreciação, serviços internos e externos, mão de obra, utilidades e matérias primas necessárias às duas rotas de disposição. Nesta primeira análise obteve-se custo total e unitário (normalizado por unidade de massa dos resíduos) para o resíduo 1 superior ao resíduo 2. Em um segundo momento, quando são incorporados custos

dos tipos III, IV e V, incluindo aqueles relacionados a restrições da legislação de emissões atmosféricas (afeta a incineração), não conformidades ambientais, perda de mercado devido à imagem, custo do reflorestamento da área utilizada para o aterro, o resíduo 2 passa a apresentar custos mais elevados, sendo priorizado para alocação de recursos de pesquisa e desenvolvimento.

Embora esse seja um exemplo hipotético, ilustra a questão de que uma análise mais ampla dos custos associados a cada alternativa pode mostrar resultados diferentes daqueles obtidos em uma análise convencional, o que pode alterar a tomada de decisão.

Cabe ressaltar que os autores deixam a critério do usuário a inclusão dos custos do tipo V, visto que as externalidades, por definição, não impactam o desempenho financeiro das empresas geradoras desses custos. Um outro aspecto notado é quanto aos valores de probabilidade aplicados aos riscos considerados na análise, que não são justificados, sendo possivelmente do tipo verossimilhança (probabilidade subjetiva).

No TCA todos os custos são avaliados em termos de seu valor presente. Dessa forma, os potenciais custos futuros são trazidos para o valor presente por meio da aplicação de taxas de desconto, conforme equação:

$$VP = VF \cdot (1/(1+r))^t$$

onde:

VP = valor presente

VF = valor futuro;

r = taxa de desconto,

t = período de tempo

KAHN (2001) enfatiza a importância da taxa de desconto escolhida, visto que maiores taxas de desconto implicam em menores valores presentes de um custo futuro, tornando-o menos importante quando comparado com custos presentes. Este fator torna-se mais relevante quando se avalia decisões com implicações em longo prazo, sendo sugerido neste caso a utilização de taxas de desconto baixas, como um ou dois por cento ao ano.

4.6 Considerações sobre a revisão bibliográfica

Apresenta-se a seguir algumas considerações sobre as informações levantadas durante a pesquisa bibliográfica:

- a tomada de decisão, que em muitos casos é intuitiva, pode ser melhorada estruturando-se o processo decisório, pois pode-se trabalhar com as informações envolvidas nessa decisão de forma mais ordenada. Embora para casos simples, como a seleção entre uma maçã e uma laranja, a estruturação do processo decisório possa ser considerada como desnecessária, para situações complexas, onde o número de variáveis envolvidas no processo decisório é elevado, mostra-se bastante eficiente, justificando-se o esforço para essa estruturação;
- em relação aos aspectos e impactos ambientais, verificou-se que ainda há divergências em alguns casos, especialmente na sua identificação e forma de expressão. Embora existam normas que orientem esses trabalhos, não foi verificado um padrão nos processos de identificação e na expressão dos aspectos e impactos ambientais;
- o conceito de risco é abrangente, porém envolve em sua essência severidade e probabilidade. Verificou-se que a aplicação do conceito de risco é

fundamental em processos decisórios, visto que tais processos envolvem incertezas que são melhor expressadas em termos de risco;

- a valoração ambiental mostra-se como uma promissora ferramenta para expressar as questões ambientais em uma linguagem de uso comum, a financeira no caso. Entretanto, a complexidade envolvida no levantamento dos custos ambientais mostra-se como um fator limitante da sua plena utilização como elemento de gestão;
- as metodologias para auxílio à tomada de decisão envolvendo questões e riscos ambientais focam quase que exclusivamente os custos que essas questões e riscos representam, o que envolve a limitação da valoração ambiental, discutida anteriormente. Verifica-se, portanto, que tais metodologias poderiam ser complementadas, de forma a envolver elementos além de custos ambientais, que possam suprir parte da deficiência verificada na valoração ambiental.

5 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste trabalho consistiu, inicialmente, de um levantamento de informações teóricas sobre os diferentes componentes que seriam utilizados para o desenvolvimento da metodologia de auxílio à tomada de decisão.

Em um segundo momento, estruturou-se a metodologia de auxílio à tomada de decisão baseada em alguns elementos apresentados na revisão bibliográfica.

Apresenta-se, no final, um estudo de caso de aplicação da metodologia de auxílio à tomada de decisão desenvolvida. Utilizou-se, para tanto, a seleção de alternativas para a otimização do manejo de águas e efluentes em um complexo industrial com a finalidade de avaliar a aplicabilidade da metodologia e necessidade de melhorias.

6 DISCUSSÃO – DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Na metodologia em estudo propôs-se avaliar os potenciais resultados, ou conseqüências, de cada uma das alternativas consideradas em um processo decisório, obtendo como resultado informações que auxiliem na tomada de decisão.

Uma vez que tais potenciais resultados podem envolver incertezas, tanto na sua ocorrência, como nas suas conseqüências, verificou-se a necessidade da utilização do conceito de risco para essa avaliação. Portanto, a metodologia em estudo pode ser descrita resumidamente como uma avaliação integrada dos riscos associados às alternativas envolvidas no processo decisório.

Voltando ao exemplo apresentado na Seção 4.1, de escolha entre comer uma maçã (alternativa 1) ou uma laranja (alternativa 2), pode-se dizer que a metodologia em estudo serviria para avaliar os riscos envolvidos na compra, preparação e ingestão de cada uma das frutas. Ressalta-se que os riscos correspondem a potenciais conseqüências das alternativas, podendo ser tanto negativas, como o custo das frutas (considerando que despesas não são desejáveis), possibilidade de se cortar descascando a fruta, se engasgar ingerindo-a, etc., como positivas, como saciar a fome, ter prazer ao ingerir a fruta, etc. para o exemplo em questão. A aplicação da metodologia permitiria avaliar qual das frutas apresentaria mais “riscos positivos” e “menos riscos negativos”, o que serviria como parâmetro para a tomada de decisão.

De forma a facilitar o gerenciamento e utilização das informações por parte do tomador de decisão, decidiu-se que os resultados da avaliação de riscos seriam expressos numericamente. Embora a “quantificação” dos riscos possa parecer desnecessária para decisões simples, envolvendo poucas variáveis, mostra-se

extremamente útil à medida que cresce o número de informações a serem consideradas no processo decisório (CLEMEN, 1996).

Exemplificando a expressão numérica dos resultados para o caso das frutas, por exemplo, poderiam ser obtidos riscos finais (somados os negativos e positivos com sinais opostos) de 10 para a maçã e 15 para a laranja. Caso o critério de decisão fosse a minimização dos riscos, ter-se-ia a informação de que a maçã seria mais vantajosa para o tomador de decisão considerando os critérios avaliados (preço, gosto, etc.). Essa informação poderia auxiliá-lo na tomada de decisão quanto à seleção das frutas.

Uma vez que a metodologia trabalharia com análise de riscos para a gestão de questões ambientais, foi necessário estabelecer alguns conceitos, que seriam utilizados na sequência de seu desenvolvimento:

- aspectos: condições atuais relacionadas a questões ambientais de uma empresa (e.g.: captação de água, geração e lançamento de efluentes, etc);
- cenários de riscos (ou riscos) atuais: impactos causados pelos aspectos e já verificados atualmente (e.g.: esgotamento de recursos hídricos (impacto) causada pela captação de água (aspecto));
- cenários de riscos (ou riscos) futuros: impactos causados ou intensificados pelos aspectos na hipótese de ocorrência de um evento (e.g.: custos (impacto) com captação de água (aspecto) na hipótese de ser implementada cobrança pelo uso da água (evento)).

Definidos esses conceitos, passou-se a elaboração da metodologia em si, que se iniciou pela identificação e definição do problema a ser tratado. Considerou-se, de forma genérica, que o problema seria a priorização, para fins de investimento, entre alternativas que envolvessem a gestão de questões e riscos ambientais, como

modificações no manejo de águas, efluentes, emissões ou resíduos em uma unidade industrial ou em várias unidades industriais de uma empresa (gestão corporativa).

Da mesma forma, foi estabelecido que o objetivo genérico da tomada de decisão seria otimizar as questões ambientais da empresa, minimizando os potenciais impactos negativos e maximizando os potenciais impactos positivos associados a tais questões.

Uma vez definido o problema a ser tratado e o objetivo, passou-se à estruturação da metodologia, o que envolveu a definição de elementos básicos a serem utilizados e estabelecimento das etapas a serem cumpridas na sua aplicação.

As seguintes definições foram necessárias à estruturação da metodologia:

A – Definição de valores (critérios) para a tomada de decisão;

B – Definição de categorias de impactos e riscos;

C – Definição de escalas de probabilidade e de severidade.

As seguintes etapas seriam cumpridas na aplicação da metodologia:

1 – Levantamento dos pesos dos critérios;

2 – Identificação dos aspectos associados à gestão ambiental no caso em estudo;

3 – Identificação dos riscos atuais e futuros associados à gestão ambiental;

4 – Cálculo dos riscos:

4.1 – Pontuação dos riscos;

4.2 – Ponderação dos riscos;

4.3 – Integração dos riscos.

5 – Levantamento de alternativas para minimização dos riscos;

6 – Análise integrada das alternativas;

7 – Avaliação do risco residual resultante de cada alternativa.

6.1 Definições

6.1.1 Definição de valores (critérios) para a tomada de decisão

Conforme apresentado na Seção 4.1.3, os valores nos processos decisórios representam os critérios utilizados na seleção de alternativas. Para o presente caso, buscaram-se critérios que pudessem refletir os fatores financeiros, ambientais e sociais que podem interagir com as partes interessadas de uma empresa, possibilitando uma análise ampla do problema.

Para o caso dos fatores sociais foi prevista uma dificuldade de gerenciar as informações nas fases posteriores da metodologia, onde seria necessário avaliar as alternativas envolvidas no processo decisório segundo os critérios selecionados nessa fase. Ou seja, seria necessário estabelecer como as questões e riscos ambientais de uma empresa podem afetar a sociedade e como a sociedade pode afetar a empresa.

Verificou-se que parte dessas interações poderia ser compreendida nos critérios ambientais e financeiros. No primeiro caso, as interações poderiam ser associadas aos impactos ambientais causados pelas atividades da empresa, que em última instância poderiam afetar a sociedade, e no segundo poderiam ser associadas à resposta financeira da sociedade às questões ambientais da empresa, como solicitação de multas, indenizações, paradas de produção (perda de receita), redução do consumo de seus produtos (perda de receita) e redução do valor de mercado da empresa.

Embora os critérios ambiental e financeiro pudessem compreender parte das interações entre a empresa e sociedade, verificou-se que em alguns casos a explicitação dessas interações, como por exemplo, a queda do valor de mercado da empresa em resposta a sua gestão ambiental, seria difícil, se não inviável. Como

uma forma de contornar essa dificuldade, bem como tentar compreender interações entre a sociedade e a empresa não mensuráveis através dos critérios ambiental e financeiro, foi adotado como critério na metodologia em estudo a imagem da empresa. Buscar-se-ia avaliar como as decisões envolvendo a gestão ambiental da empresa afetariam sua imagem perante a sociedade.

Dessa forma, assumiu-se que os seguintes critérios, ou valores, seriam considerados na tomada de decisão:

- ambientais;
- financeiros;
- imagem.

Ressalta-se que, embora outros critérios possam ser considerados na decisão de investimentos envolvendo gestão de questões e riscos ambientais, estes listados acima foram considerados como suficientes para esta metodologia. Critérios e informações não compreendidos na metodologia em estudo poderiam ser agregados aos seus resultados e considerados no processo decisório.

6.1.2 Definição de categorias de riscos

Conforme apresentado na Seção 4.3, o conceito de risco envolve as definições de probabilidade de ocorrência do evento e de severidade de suas consequências, as quais podem ser notadas em várias categorias. Para o presente caso decidiu-se utilizar categorias de consequências que correspondessem aos critérios utilizados para a tomada de decisão. Dessa forma, a avaliação do risco associado a cada alternativa poderia ser feita diretamente para cada um dos critérios considerados. Como exemplo, alternativas que resultassem em alterações dos riscos ao meio ambiente poderiam ser avaliadas diretamente pelo critério ambiental.

Utilizou-se, portanto, as seguintes categorias de conseqüências (impactos) e, consequentemente, de riscos para a metodologia em estudo:

- ambientais;
- financeiros;
- imagem.

Uma vez que o cálculo dos riscos compreenderia uma das etapas da aplicação da metodologia, foi necessário estabelecer uma forma de quantificá-los. Fez-se necessário, portanto, atribuir valores numéricos às probabilidades de ocorrência dos cenários de risco e às severidades de suas conseqüências. Para isso foram definidas escalas numéricas de severidade e de probabilidade.

Ressalta-se que os valores numéricos resultantes da aplicação das escalas de severidade e de probabilidade serão avaliados em termos relativos quando da aplicação da metodologia, de forma que seus valores absolutos não devem ser considerados para a tomada de decisão.

Como exemplo, pode se imaginar uma alternativa envolvendo a gestão de questões ambientais cujo risco associado tenha valor 300 e outra cujo risco associado tenha valor 500, ambos os valores representando potenciais impactos negativos. Considerando o objetivo genérico de redução do risco definido anteriormente, a alternativa mais atrativa seria a primeira, que apresenta o menor valor dentre as duas.

A avaliação dos valores individualmente seria inconclusiva, pois não haveria valores de referência, como ocorre para o caso de risco à saúde humana ou risco acidental, para os quais existem padrões estabelecidos por órgãos reguladores. Para esses casos, os padrões funcionam como um limite que, se ultrapassado, determina legalmente a necessidade de ações para reduzir esses riscos, como

descontaminação do meio, redução da exposição do público, etc., para o caso de risco à saúde humana, ou implantação de dispositivos de segurança, treinamento, etc., para o caso de risco acidental.

De fato, a metodologia em estudo foi estruturada para se trabalhar com comparação de valores e não com números absolutos, a fim de minimizar potenciais problemas de subjetividade quando da aplicação dos valores numéricos. Voltando ao exemplo anterior, se a determinação dos riscos fosse realizada por uma outra pessoa, ela poderia encontrar valores diferentes dos obtidos na primeira avaliação, por exemplo, risco de 400 para a primeira alternativa e de 600 para a segunda. Embora os valores absolutos fossem diferentes dos obtidos na primeira avaliação, a primeira alternativa ainda seria mais atrativa que a segunda, por apresentar o menor valor de risco.

É recomendável, entretanto, que a avaliação de todas as alternativas envolvidas em um processo decisório seja realizada pelo mesmo avaliador ou conjunto de avaliadores para se minimizar eventuais discrepâncias de resultados decorrentes de subjetividade. Idealmente, quando houver disponibilidade de tempo e recursos, a avaliação poderia ser realizada independentemente por mais de um avaliador ou grupo de avaliadores. Os resultados finais poderiam ser comparados em termos de posição relativa das alternativas em termos de riscos associados. No exemplo do parágrafo anterior, seria equivalente a verificar se primeira alternativa apresentaria o menor valor de risco em todas as avaliações realizadas.

6.1.2.1 Escala de probabilidade

No caso da escala de probabilidades, foram utilizados valores percentuais de 0% a 100% para representar a expectativa de ocorrência (conceito de probabilidade subjetiva, ou verossimilhança) das conseqüências (impactos) dos cenários de riscos durante o horizonte considerado na avaliação. As probabilidades de 100% representariam eventos ou condições certos, já verificados atualmente, sendo aplicadas aos riscos atuais. As probabilidades inferiores a 100% representariam eventos incertos, que podem ocorrer no futuro, sendo aplicadas aos riscos futuros.

Na Figura 6.1 é apresentado um exemplo da escala de probabilidades para um horizonte de avaliação de 10 anos.

Figura 6.1 - Exemplo de escala de probabilidade

6.1.2.2 Escalas de severidade

As escalas de severidade foram definidas aplicando-se conceitos apresentados por CLEMEN (1996).

Para o desenvolvimento das escalas de severidade, primeiramente foi necessário definir indicadores numéricos que representassem os impactos em cada uma das categorias de riscos consideradas na metodologia em estudo. Para cada um dos indicadores seriam estabelecidos os limites mínimos e máximos a serem considerados na utilização da metodologia.

Um segundo passo foi estabelecer uma escala adimensional arbitrária, que seria utilizada para representar os valores numéricos de cada categoria de impacto. Foi adotado 0 como valor mínimo e 100 como valor máximo dos impactos negativos

associados aos cenários de riscos. Aos impactos positivos seriam atribuídos valores na mesma escala, porém com sinal negativo.

Ressalta-se que a definição dos valores mínimos e máximos dos indicadores de cada categoria deve ser avaliada caso a caso, para cada processo decisório, de forma a evitar problemas de escala. Por exemplo, não seria justificável selecionar como limite máximo da escala de impactos financeiros, discutida adiante, um valor de R\$ 1 trilhão, ao qual seria associado o valor 100 da escala arbitrária, pois esse valor dificilmente apareceria como impacto financeiro associado às questões ambientais de uma empresa.

Cabe ainda destacar que, caso durante a avaliação sejam verificados impactos com valores superiores aos máximos pré-definidos, pode-se extrapolar o valor máximo de 100 para a escala arbitrária, ou seja, poder-se-ia obter valores de 150, 300, etc., caso necessário. Esse artifício visa evitar que, caso durante a avaliação sejam verificados valores de impacto superiores aos máximos pré-definidos, tenha que se modificar a escala, o que resultaria em esforço adicional desnecessário.

6.1.2.2.1 Escala de impactos financeiros

Das três categorias de riscos adotados na metodologia em estudo, a financeira é aquela cujo indicador numérico é mais óbvio, sendo adotado o valor monetário (reais, dólares, etc.) para este caso. Ou seja, para esta categoria as consequências dos cenários de riscos seriam medidas em termos de perdas (despesas ou perda de receita prevista) ou ganho financeiro (ganho de receita).

Como exemplo da aplicação dessa escala, foi adotado para o estudo de caso apresentado na Seção 7 que perdas financeiras teriam valor mínimo R\$ 0,00 e máximo R\$ 10.000.000,00, sendo atribuído, respectivamente, valores de 0 e 100 para estes casos. Isso significa que a ausência de perdas financeiras (R\$ 0,00) seria

associada ao valor 0 e perdas financeiras de R\$ 10.000.000,00 seriam associadas ao valor 100 na escala arbitrária.

A perdas financeiras intermediárias seriam atribuídos valores proporcionais, entre 0 e 100. Como exemplo, no estudo de caso uma perda financeira de R\$ 50.000,00 corresponderia a um valor de 0,5 na escala ($\text{R\$ } 50.000,00 / (\text{R\$ } 10.000.000,00 - \text{R\$ } 0,00)) * (100 - 0)$). Ganhos financeiros apareceriam com valores negativos na escala. Um ganho financeiro de R\$ 50.000,00, por exemplo, corresponderia a um valor de -0,5.

6.1.2.2.2 Escalas de impactos ambientais

O caso da categoria de riscos ambientais envolve uma questão mais complexa, pois esta compreende em si diferentes dimensões, como poluição hídrica, atmosférica, assoreamento, que, a princípio, não poderiam ser expressas numericamente nas mesmas unidades. Verificou-se então a necessidade de subdividir a categoria ambiental em grupos cujos impactos pudessem ser medidos nas mesmas dimensões.

Como um primeiro exercício, foi considerado que a categoria de riscos ambientais seria composta por subcategorias, cada qual expressa numericamente conforme apresentado na Tabela 6.1. Ressalta-se que a lista apresentada nessa tabela não é exaustiva, podendo ser complementada para incluir outros tipos de impactos.

Tabela 6.1 - Indicadores de impactos ambientais utilizados na metodologia

Impactos	Indicadores
Alteração da qualidade da água subterrânea	Indicador de poluição hídrica subterrânea: somatório do quociente entre as concentrações de contaminantes na água subterrânea e os respectivos valores de intervenção estabelecidos na “Lista holandesa de valores de qualidade do solo e da água subterrânea – Valores STI” apresentada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) no seu Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (adimensional). (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2004)
Alteração da qualidade da água superficial	Indicador de poluição hídrica superficial: somatório do quociente entre as concentrações de contaminantes no corpo d’água e os respectivos padrões de qualidade para corpos d’água doces Classe 2 estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) na sua resolução Nº 357 de 17 de março de 2005 (adimensional). (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005)
Alteração da qualidade do ar	Indicador de poluição atmosférica: somatório do quociente entre as concentrações atmosféricas de contaminantes e os respectivos padrões primários de qualidade do ar, representados em termos de médias anuais, estabelecidos pelo CONAMA na sua resolução Nº 003 de 28 de junho de 1990 (adimensional). (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2004)
Contaminação do solo	Indicador de poluição do solo: somatório do quociente entre as concentrações de contaminantes no solo e os respectivos valores de intervenção estabelecidos na “Lista holandesa de valores de qualidade do solo e da água subterrânea – Valores STI” apresentada pela CETESB no seu Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (adimensional). (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2004)
Assoreamento de corpos d’água	Grau de alteração das funções do corpo d’água (fluxo de material, sedimentação, navegação, etc.) em função do assoreamento (adimensional).
Erosão	Grau de alteração das funções do solo (agricultura, base para edificações, etc.) em função da erosão (adimensional).

Impactos	Indicadores
Esgotamento de recursos naturais (água)	Redução da disponibilidade hídrica da fonte de água: percentual dado pelo quociente entre a vazão consumida (captada e não reposta) do corpo receptor e sua vazão à montante do ponto de captação de água (%).
Danos à saúde humana, flora e fauna	Não foi desenvolvido nesta dissertação.
Incômodo à comunidade	Índice de reclamações: percentual dado pelo quociente entre o número mensal de reclamações individuais formalizadas à empresa, órgãos ambientais, órgãos municipais, etc. e o número de habitantes da comunidade próxima à empresa (%).
Uso e modificação do espaço físico	Reversibilidade do dano: pode ser expresso pelo tempo necessário para a reversão natural (sem ação humana) do dano ou pelo quociente entre o custo para reversão do dano em curto prazo e o valor de mercado da área. Considera-se reversão do dano retornar o espaço físico a condições ambientais semelhantes às verificadas anteriormente ao seu uso e ocupação.

A utilização de indicadores de poluição para contaminação de água subterrânea e superficial, ar e solo para representar esses tipos de impactos ambientais foi motivada pela existência de uma grande diversidade de contaminantes, cada um com um com diferente potencial para impacto sobre o meio ambiente e à saúde humana. A representação da poluição através de valores de concentrações levaria a um grande número de valores, cujo processamento seria dificultado, se não inviabilizado, para a aplicação da metodologia em estudo. Como exemplo, caso um corpo d'água superficial apresentasse contaminação por 20 diferentes substâncias, seriam necessários 20 valores de concentrações para indicar seu grau de contaminação. Além disso, os valores de concentração de cada

substância teriam que ser avaliados individualmente em função dos danos que podem causar ao meio ambiente.

A definição de indicadores de poluição baseou-se no fato de que existem limites de concentração de contaminantes estabelecidos em legislação para cada meio (água, ar e solo) que já levam em consideração seu potencial de causar danos ambientais e para a saúde humana. Usualmente esses limites representam as máximas concentrações do contaminante em determinado meio que não causam impactos ambientais ou à saúde humana significativos.

Portanto, pode-se assumir que diferentes contaminantes presentes no meio ambiente em concentrações equivalentes aos seus limites estabelecidos em legislação causariam níveis semelhantes de impacto. Da mesma forma, pode-se considerar que contaminantes presentes em concentrações 10 vezes superiores aos seus limites de legislação causariam impacto ambiental e à saúde humana também em níveis semelhantes.

A partir dessas considerações, os limites legais de concentração foram utilizados como pesos para ponderar concentrações de diferentes contaminantes.

Como exemplo de utilização dos indicadores de poluição aqui definidos, pode-se considerar um corpo d'água superficial no qual estão presentes como contaminantes chumbo e cloretos em concentrações de 0,05 mg/l e 200 mg/l. Considerando-se os limites estabelecidos para águas doces classe 2 na resolução CONAMA 357, de 0,01 mg/l para chumbo total e de 250 mg/l para cloreto total, o indicador de poluição para este caso seria dado por: $(0,05/0,01) + (200/250) = 5,8$ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Para a seleção dos limites de legislação a serem utilizados para o cálculo dos indicadores de poluição, foram adotados os seguintes critérios:

- preferencialmente a adoção de legislações brasileiras a nível federal. Caso não existentes no Brasil, recorrer-se-ia a legislações utilizadas como referência por órgãos ambientais Brasileiros, como o caso da “Lista holandesa”, utilizada como referência pela CETESB no estado de São Paulo;
- para água superficial adotou-se os padrões para águas doces classe 2, por essa classificação ser comum em corpos d’água próximos a cidades. Eventualmente, caso se necessite de uma avaliação mais detalhada, pode-se determinar a classe do corpo d’água em estudo e utilizar os limites estabelecidos para esta classe. Entretanto, considerou-se que este refinamento não seria necessário para esta metodologia.

Uma vez definidos os indicadores de impacto a serem considerados na metodologia, seria necessário estabelecer os limites mínimos e máximos que seriam utilizados na escala, para os quais seriam atribuídos os valores 0 e 100. A partir desses valores, seriam atribuídos valores proporcionais dentro da escala aos impactos intermediários entre os valores mínimos e máximos.

Ressalta-se que os valores positivos da escala representariam impactos negativos, ou seja, danos ambientais. Caso fosse necessária a representação de impactos positivos, ou seja, benefícios ambientais, seriam aplicados valores negativos da escala, conforme apresentado para o caso da escala de valores financeiros.

A fim de ilustrar a aplicação das escalas de impactos ambientais, na Tabela 6.2 são apresentados os valores numéricos associados às diferentes intensidades de impactos ambientais (Tabela 6.1) utilizados no estudo de caso, discutido na Seção 7.

Tabela 6.2 - Exemplo de escalas de intensidade de impactos ambientais - utilizadas no estudo de caso

Impactos	Indicadores	Valor Mínimo (0 na escala arbitrária)	Valor Máximo (100 na escala arbitrária)
Alteração da qualidade da água subterrânea	Indicador de poluição hídrica subterrânea	0	100
Alteração da qualidade da água superficial	Indicador de poluição hídrica superficial	0	100
Alteração da qualidade do ar	Indicador de poluição atmosférica	0	100
Contaminação do solo	Indicador de poluição do solo	0	100
Assoreamento de corpos d'água	Grau de alteração das funções do corpo d'água	Assoreamento não altera as funções do corpo d'água	Assoreamento impede as funções do corpo d'água
Erosão	Grau de alteração das funções do solo	Erosão não altera as funções do solo	Erosão impede as funções do solo
Esgotamento de recursos naturais (água)	Redução da disponibilidade hídrica da fonte de água	Não há redução da disponibilidade hídrica (0% de redução)	Redução da disponibilidade hídrica maior que 50%
Incômodo à comunidade	Índice de reclamações	0%	10%
Uso e modificação do espaço físico	Reversibilidade do dano	Danos que podem ser revertidos naturalmente em menos de 1 mês e/ou não envolvem custos para recuperação da área em curto prazo.	Danos que para serem revertidos naturalmente requerem mais de 100 anos ou investimento igual ou superior a 100 vezes o valor de mercado da área afetada para recuperação da área em curto prazo.

Assim como para a escala financeira apresentada anteriormente, valores intermediários entre os mínimos e máximos, como os apresentados na Tabela 6.2, seriam representados por valores proporcionais na escala arbitrária de 0 a 100. Para o caso dos impactos representados numericamente, o cálculo de valores intermediários seria realizado da mesma forma que efetuado para o indicador financeiro. Para o caso dos impactos de assoreamento de corpos d'água e erosão de solo, que não foram representados por valores numéricos, a definição dos valores intermediários da escala seria feita a critério do analista responsável pela avaliação dos impactos.

Para esses casos, nos quais não foram utilizados indicadores numéricos, houve uma preocupação maior quanto à subjetividade na aplicação os valores da escala arbitrária. A fim de se minimizar tal subjetividade, inicialmente foram pré-definidos valores da escala arbitrária, como, por exemplo, 10 e 30 para alterações mínimas e moderadas das funções do corpo d'água devido ao assoreamento. Entretanto, verificou-se que mesmo com a pré-definição de valores intermediários, a subjetividade na definição do valor continuaria existindo, pois ainda caberia ao analista decidir se o impacto verificado era mínimo ou moderado ou de outra intensidade. Dessa forma, decidiu-se manter os valores intermediários livres, ou seja, não foram pré-definidos, cabendo ao analista atribuí-los às diferentes severidades dos impactos.

Ressalta-se que, conforme discutido anteriormente, a questão da subjetividade na utilização dos valores definidos nas escalas é minimizada pelo fato da metodologia em estudo trabalhar com valores comparativos, e não absolutos, sendo recomendável a utilização de uma mesmo analista ou grupo de analistas para avaliar todas as alternativas envolvidas no processo decisório.

Após a definição dos indicadores e estabelecimento dos valores mínimos e máximos considerados na escala, verificou-se que poderiam ocorrer inconsistências na avaliação dos impactos ambientais caso não fosse levado em consideração sua localização e abrangência em termos de área e número de pessoas afetadas. Partindo-se da premissa que a gestão dos recursos naturais busca garantir sua disponibilidade para o uso atual e futuro das pessoas, assumiu-se que os impactos ambientais seriam mais relevantes à medida que afetassem uma maior área ou número maior de pessoas.

Como exemplo, pode-se considerar a presença de um contaminante na água que inviabilize sua utilização para consumo humano, mesmo após tratamentos convencionais. Caso essa situação fosse verificada em um local desabitado e em uma região metropolitana, possivelmente causaria maior impacto no segundo caso. Da mesma forma, um determinado grau de uso e modificação do espaço físico seria mais relevante se ocorrido em uma área de 100 ha do que em uma área de 1 ha.

Partindo-se dessas considerações, foi desenvolvido um fator de ajuste para ser aplicado nos valores dos indicadores, de forma representar a área e/ou número de pessoas potencialmente afetadas pelos impactos ambientais.

As pessoas potencialmente afetadas seriam aquelas expostas direta ou indiretamente (caso de contaminação de água, ar e solo e incômodo à comunidade) ou dependentes do recurso ambiental para alimentação ou atividade econômica (e.g.: pesca, agricultura, turismo).

A área potencialmente afetada seria limitada pela própria área afetada para os casos de contaminação do solo e uso e modificação do espaço físico, ou pela área de influência do recurso natural, para as outras categorias de impactos ambientais. Neste segundo caso, a área de influência poderia ser considerada aquela em que a

flora e fauna ali residente potencialmente afetada caso o recurso ambiental fosse afetado. Como exemplo, poder-se-ia considerar a área de influência de um rio como aquela correspondente a até 100 m de suas margens na extensão desse corpo d'água afetada pela alteração da qualidade da água ou assoreamento.

Para os fatores de ajustes seriam pré-definidos valores mínimos e máximos da extensão dos impactos, aos quais seriam atribuídos valores de 0 a 1, cabendo aos valores intermediários valores entre 0 e 1. Esse fator de ajuste seria multiplicado pelo valor da escala arbitrária representando a intensidade do impacto (Tabela 6.2), de forma a obter valores de severidade. Dessa forma, a severidade dos impactos ambientais seria dada por:

Severidade Impactos Ambientais =

Intensidade (Tabela 6.2) x Fator de Ajuste (Tabela 6.3).

Na Tabela 6.3 são apresentados os limites dos fatores de ajuste para a severidade de impactos ambientais utilizados no estudo de caso apresentado na Seção 7.

Tabela 6.3 - Exemplo de fatores de ajuste para as escalas de severidade de impactos ambientais - utilizadas no estudo de caso

Impactos	Fator de Ajuste	Valor Mínimo (0)	Valor Máximo (1)
Alteração da qualidade da água subterrânea	População ou área potencialmente afetada	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha
Alteração da qualidade da água superficial	População ou área potencialmente afetada	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha
Alteração da qualidade do ar	População ou área potencialmente afetada	0 pessoas ou 0 ha	1000 pessoas ou 1000 ha
Contaminação do solo	Área afetada	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha
Assoreamento de corpos d'água	População ou área potencialmente afetada	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha
Erosão	População ou área potencialmente afetada	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha
Esgotamento de recursos naturais (água)	População ou área potencialmente afetada	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha
Danos à saúde humana, flora e fauna	Não foi desenvolvido nesta dissertação.	-	-
Incômodo à comunidade	População potencialmente afetada.	0 pessoas	1000 pessoas
Uso e modificação do espaço físico	População ou área potencialmente afetada.	0 pessoas ou 0 ha	100 pessoas ou 100 ha

Para os casos das categorias listadas na Tabela 6.3 nas quais os fatores de ajuste pudessem ser determinados pelo número de pessoas ou pela área, dever-se-ia utilizar o maior valor dentre os dois. Como exemplo, caso o uso e modificação do espaço físico de uma determinada área afetasse potencialmente 50 ha e 70

peessoas, correspondente a valores de 0,5 e 0,7 utilizando os fatores de ajuste exemplificados na Tabela 6.3, dever-se-ia trabalhar com o valor de 0,7.

Para os casos em que apenas uma das informações, área ou número de pessoas potencialmente afetadas, pudesse ser estimada, esta poderia ser utilizada como fator de ajuste.

Conforme discutido para o caso de seleção de valores de intensidade do impacto, a atribuição dos fatores de ajuste envolve incerteza e subjetividade, cuja influência na avaliação é minimizada por se trabalhar com valores comparativos e não absolutos. Para isso, deve-se manter os mesmos critérios de utilização dos fatores de ajuste quando da avaliação de um determinado impacto em todas as etapas da aplicação da metodologia. Voltando ao exemplo apresentado acima, um determinado impacto relacionado ao uso e modificação de espaço físico deveria ser ajustado pelo número de pessoas na avaliação de todas as alternativas envolvidas no processo decisório.

Assim como discutido para o caso da escala arbitrária entre 0 e 100, caso fosse verificado valores para os fatores de ajuste da severidade dos impactos ambientais superiores aos máximos pré-definidos, poder-se-ia extrapolar a escala de fatores de ajuste, obtendo-se valores maiores que 1.

6.1.2.2.3 Escala de impactos de imagem

A escala para impactos dessa categoria seria definida a partir de mínimos e máximos efeitos na imagem da empresa decorrentes de sua gestão ambiental. A esses efeitos mínimos e máximos seriam aplicados valores de 0 e 100 na escala arbitrária, cabendo aos efeitos intermediários valores entre 1 e 100.

O efeito de imagem mínimo, equivalente ao valor zero na escala arbitrária, foi definido como a percepção das partes interessadas (empregados, acionistas,

clientes, fornecedores e vizinhos) em relação à empresa sem considerar sua gestão ambiental, ou seja, as práticas relacionadas ao gerenciamento de questões e riscos ambientais não alterariam a imagem da empresa perante suas partes interessadas.

O efeito de imagem máximo foi definido como aquele que alterasse de forma significativa a percepção da maioria das partes interessadas da empresa. Neste caso, o efeito máximo deveria ser avaliado caso a caso, em função do número de partes interessadas da empresa. Como exemplo, poder-se-ia imaginar uma empresa com negócios em âmbito nacional, cuja gestão ambiental envolva uma determinada prática (e.g.: lançamento de efluentes contaminados na nascente de um rio) que seja condenada pela maioria dos funcionários, vizinhos, acionistas, fornecedores e clientes em todo o país. Este poderia ser considerado o efeito máximo. Para o caso de uma empresa com negócios em âmbito internacional, o efeito de imagem máximo corresponderia à desaprovação de tal prática na maioria dos países em que atua.

Assim como discutido anteriormente para o caso das escalas de impacto ambiental para as quais não foram definidos indicadores numéricos, decidiu-se deixar a critério do avaliador a atribuição dos valores da escala arbitrária aos impactos de imagem intermediários, entre o mínimo e o máximo.

Observa-se que a magnitude dos impactos de imagem está relacionada à forma com que as ações relacionadas à gestão ambiental da empresa são informadas às partes interessadas, ao histórico ambiental da empresa, dentre outras variáveis. Uma mesma questão relacionada à gestão ambiental da empresa, como o caso do lançamento de efluentes contaminados na nascente de um rio exemplificado anteriormente, pode resultar em diferentes níveis de impacto de imagem, dependendo da cobertura dada pela empresa, apenas para citar um dos fatores influentes nessa questão.

Dada a complexidade do assunto, não se espera uma avaliação muito precisa dos impactos de imagem quando da aplicação da metodologia. Para isso seriam necessários estudos mais aprofundados, possivelmente envolvendo pesquisas de opinião, dentre outras ferramentas, o que foge ao escopo deste trabalho. É importante, entretanto, que o avaliador ou grupo de avaliadores mantenha os mesmos critérios ao longo da avaliação das alternativas envolvidas no processo decisório.

No estudo de caso discutido na Seção 7, que envolveu uma empresa multinacional, adotou-se como máximos impactos de imagem aqueles nos quais questões relacionadas à sua gestão ambiental tivessem repercussão a nível internacional. Na Tabela 6.4 é apresentado como exemplo o critério adotado para a atribuição de valores aos impactos de imagem no estudo de caso.

Tabela 6.4 - Exemplo de escala de severidade de impactos de imagem - utilizadas no estudo de caso

Repercussão de questões relacionadas à gestão ambiental da empresa	Valor na Escala Arbitrária
Não há repercussão	0
Repercussão interna (funcionários)	5
Repercussão a nível local (na cidade em que se encontra a unidade industrial)	10
Repercussão a nível estadual (no estado em que se encontra a unidade industrial)	30
Repercussão a nível nacional (no país em que se encontra a unidade industrial)	50
Repercussão internacional	100

6.2 Etapas da aplicação da metodologia

6.2.1 Levantamento de pesos dos critérios para a tomada de decisão

A inclusão de critérios ambientais, financeiros e de imagem no processo decisório remeteu a questão de como trabalhar com essas três dimensões. A solução para essa questão foi a adoção do conceito de figura de mérito, conforme apresentado na Seção 2.1. Esta solução, apresentada por KAHN (2001) e CLEMEN (1996), consiste na adoção de pesos e ponderação dos valores dos critérios para a tomada de decisão.

CLEMEN (1996) pondera que os pesos de cada critério devem ser atribuídos pelo tomador de decisão ou grupo responsável pelas decisões, considerando a importância relativa que a variação dos valores de cada critério teria no processo decisório.

No caso da metodologia em estudo dever-se-ia avaliar junto ao tomador de decisão qual importância relativa ele atribuiria à variação dos valores dos critérios ambiental, financeiro e de imagem desde seus mínimos até seus máximos, previamente definidos. Considerando os exemplos apresentados na Seção 6.1, no qual os impactos financeiros poderiam assumir valores de 0 a R\$ 10 milhões, os impactos ambientais poderiam assumir valores de índice de poluição hídrica de 0 a 100, por exemplo, e os impactos de imagem poderiam variar de “não repercussão” a “repercussão a nível internacional”, o tomador de decisão deveria indicar qual a importância relativa de cada possível variação em sua tomada de decisão.

Para a metodologia em estudo foi estabelecido que o tomador de decisão deveria atribuir pesos aos critérios, de forma que a soma desses pesos totalizasse 100%.

A fim de ilustrar seu significado, pode-se considerar como um exemplo que o tomador de decisão indicasse pesos de 40%, 40% e 20% para os critérios ambiental, financeiro e de imagem. Neste caso ele estaria considerando, mesmo que não explicitamente, que aumentar a poluição hídrica de 0 para 100 (indicador de poluição hídrica) teria a mesma importância que aumentar as despesas da empresa de 0 para R\$ 10 milhões, e que ambas as variações seriam duas vezes mais importantes que aumentar o impacto de imagem de “não repercussão” para “repercussão a nível internacional”.

Os pesos dos critérios para o processo decisório provavelmente irão variar de empresa para empresa e mesmo entre unidades de uma mesma empresa, pois incorpora fatores relacionados à política da empresa, fatores locais, temporais e mesmo pessoais dos tomadores de decisão. Como exemplo, espera-se que uma empresa cuja unidade industrial esteja sendo alvo de manifestações públicas contrárias às suas práticas de gestão ambiental dê mais importância (maior peso) aos critérios de imagem e ambiental, que uma empresa que esteja sendo pressionada por seus acionistas para gerar resultados financeiros positivos.

É importante que o durante o levantamento dos pesos junto aos tomadores de decisão o avaliador explique claramente o conceito da utilização dos critérios, bem como qual a faixa de valores está sendo considerada para cada um. Da mesma forma, é interessante realizar este levantamento com mais de um tomador de decisão na empresa para que, tomando uma média dos valores, se possa ter uma opinião mais próxima da política e valores da empresa que de opiniões pessoais.

Ressalta-se que para o caso do critério ambiental, que compreende subcategorias de impactos (poluição hídrica, atmosférica, etc.), conforme apresentado na Seção 6.1.2.2.2, também seria necessária ponderação dos valores

entre essas categorias. Poderia ser realizada destacando dentre as categorias aquela cujo valor máximo de impacto tivesse a maior relevância e atribuindo pesos às outras para representar sua importância relativa.

Como exemplo, se fosse identificado que o impacto ambiental mais severo seria a alteração da qualidade da água superficial correspondente ao valor de poluição hídrica 100, poderia ser atribuído o valor 1 a esse nível de impacto. Para as demais categorias seriam atribuídos valores inferiores a 1 (0,9, 0,6, etc.) aos seus níveis máximos de impacto (Tabela 6.2) para representar sua importância relativa. Esses pesos seriam multiplicados pelos valores dos impactos (0 a 100 na escala arbitrária) levantados na fase de cálculo dos riscos para obter o valor ponderado de cada tipo de impacto ambiental.

A ponderação das subcategorias de impacto ambiental envolveria uma análise técnica ampla, que não foi compreendida neste trabalho. No estudo de caso apresentado na Seção 7, portanto, não se faz a ponderação das subcategorias de impactos ambientais.

6.2.2 Identificação dos aspectos associados à gestão ambiental

A identificação dos aspectos associados à gestão ambiental da empresa corresponde ao início da decomposição do problema considerado no processo decisório, genericamente definido neste trabalho como a priorização, para fins de investimento, entre alternativas que envolvessem a gestão de questões e riscos ambientais de uma empresa.

Conforme apresentado anteriormente, os aspectos foram definidos nesta metodologia como as condições atuais relacionadas a questões ambientais da empresa, podendo compreender:

- Lançamento de uma de determinada corrente de efluentes em um corpo d'água;
- Captação de água em uma determinada fonte;
- Consumo de energia relacionado a determinado processo;
- Lançamento de emissões atmosféricas de um determinado ponto da unidade industrial;
- Disposição de um determinado tipo de resíduo; etc.

Os aspectos devem corresponder a uma informação ou grupo de informações que necessitem ser analisadas individualmente para seu entendimento ou avaliação de soluções. Quando possível, deve-se evitar subdividir muito o problema, criando um número muito grande de aspectos, pois o excesso de informações pode dificultar sua análise nas fases posteriores da aplicação da metodologia em estudo.

Como exemplo, uma indústria pode apresentar diversas oficinas que geram o mesmo tipo de efluente, oleoso no caso, decorrente do mesmo tipo de processo (p.ex.: lavagem de peças). Poder-se-ia neste caso trabalhar com o aspecto “geração e lançamento de efluentes oleosos em oficinas” caso não fosse necessário avaliar a geração de efluente em cada uma das oficinas.

Independente da nomenclatura utilizada, é importante que os aspectos identificados compreendam a maioria das informações básicas relevantes à estruturação do processo decisório. No exemplo anterior, um avaliador poderia nomear o aspecto como “geração e lançamento de efluentes oleosos de oficinas” enquanto outro poderia considerar a geração e lançamento como aspectos diferentes. Qualquer dos dois avaliadores estaria correto desde que tanto a geração como o lançamento de efluentes fosse considerado na análise.

6.2.3 Identificação dos riscos atuais e futuros

Conforme apresentado anteriormente, os riscos compreendem impactos causados pelos aspectos e já verificados atualmente (riscos atuais) ou possíveis de serem verificados futuramente (riscos futuros).

O levantamento dos riscos atuais deve ser iniciado pelo levantamento de impactos ambientais, podendo seguir procedimentos previamente estabelecidos pela empresa ou orientações normativas, como da ISO 14004 ou de outros órgãos. Este levantamento pode incluir inspeções de campo, revisão de documentação técnica, dentre outras fontes de informação.

A fim de adequar as informações obtidas à metodologia em estudo, é necessário distribuir os impactos ambientais dentre as categorias listadas na Tabela 6.1. Visto a necessidade de trabalhar com indicadores nesta metodologia, deve-se, quando possível, obter dados numéricos que representem os impactos (e.g.: concentração de contaminantes na água do corpo receptor, vazão de água consumida, etc.).

Como há a possibilidade de que eventuais impactos identificados não se enquadrem às categorias definidas neste trabalho, pode ser necessário o estabelecimento de novas categorias e indicadores para incorporar tais informações na metodologia de auxílio à tomada de decisão em estudo.

Após o levantamento dos impactos ambientais, deve-se proceder ao levantamento de custos e receitas ambientais, que comporão os impactos financeiros para os riscos atuais. Para os cenários de risco atuais devem ser avaliados os custos diretos (tipo I) e potencialmente ocultos (tipo II), definidos na Seção 4.4, cujas informações normalmente podem ser obtidas nos departamentos financeiro, de meio ambiente e operacional da empresa. As receitas ambientais

normalmente provêm de vendas da empresa, podendo ser levantadas junto ao seu departamento comercial.

Os impactos de imagem devem ser avaliados junto aos representantes da empresa que lidam com suas partes interessadas (diretores, gerentes, relações públicas, etc.), bem como junto a fontes possam conter informações sobre a percepção das partes interessadas da empresa (imprensa local, associações de moradores vizinhos, etc.).

Para o levantamento de riscos futuros primeiramente devem ser definidas hipóteses de ocorrências de eventos que impliquem em novos impactos ou intensificação daqueles já causados pelos aspectos previamente identificados. Tais hipóteses podem incluir mudanças de legislação, autuações por não conformidade com a legislação, eventos não controlados que resultem em impactos ambientais (e.g.: lançamento de efluente com carga de contaminantes acima do normal devido a defeito no sistema de tratamento), dentre outros. As hipóteses preferencialmente devem compreender eventos viáveis (i.e.: devem-se evitar hipóteses absurdas ou com chances muito remotas de ocorrer) e ser levantadas junto à equipe da empresa ou verificadas por essa.

Uma vez definidos os possíveis eventos a serem considerados na análise devem-se identificar possíveis novos, ou mais intensos, impactos ambientais, financeiros e de imagem associados aos aspectos identificados.

Como exemplo, pode-se definir uma hipótese de lançamento não controlado de efluentes de uma indústria, o que poderia causar intensificação do impacto ambiental de alteração da qualidade da água do corpo receptor, bem como impactos financeiros e de imagem caso sejam aplicadas multas por não conformidade devido ao lançamento não controlado.

Para o caso dos impactos financeiros componentes dos riscos futuros, deve-se avaliar os custos dos tipos III, IV e V, conforme definições apresentadas na Seção 4.4. Conforme discutido aquela seção, à medida que se avança dos custos do tipo I para os custos do tipo V aumenta a complexidade da análise. Neste caso o avaliador deve ponderar o tempo e recursos disponíveis para decidir o quanto avança neste levantamento de custos, levando em consideração, entretanto, que uma avaliação mais abrangente dos impactos financeiros possivelmente proverá melhores bases para a tomada de decisão.

Ressalta-se que o cenário de risco futuro, ou simplesmente risco futuro, compreende o conjunto aspecto / evento / impacto. No exemplo anterior, ter-se-ia, portanto, três cenários de risco, o primeiro correspondente ao lançamento de efluentes (aspecto) não controlado (evento) causando intensificação da alteração da qualidade da água (impacto). O segundo e terceiro cenários teriam em comum o lançamento de efluentes (aspecto) não controlado resultando em multa por não conformidade (evento), porém resultando em custos (impacto) para o segundo cenário e danos de imagem (impacto) para o terceiro cenário.

A diferenciação dos cenários de risco é necessária devido aos mesmos envolverem diferentes probabilidades de ocorrência. Voltando ao exemplo anterior, as probabilidades de cada um dos três cenários provavelmente seria diferente, pois o lançamento não controlado de efluentes certamente causaria intensificação do impacto ambiental, porém não implicaria necessariamente em impactos financeiros e de imagem, cuja ocorrência dependeria de variáveis (incertezas) adicionais, como ação dos órgãos fiscalizadores, imprensa, etc.

Ao final desta etapa, recomenda-se utilizar uma planilha para a consolidação de dados, conforme ilustrado na Tabela 6.5. Os aspectos, eventos e impactos seriam

descritos sucintamente na planilha para facilitar o gerenciamento das informações nas fases posteriores da utilização da metodologia.

Tabela 6.5 - Exemplo de planilha para consolidação da identificação dos riscos

Aspectos	Eventos	Impactos	Categoria do Impacto	Nº Cenário de Risco	Risco Atual / Futuro
Aspecto 1	-	Impacto 1	Ambiental	1.1	Atual
		Impacto 2	Financeiro	1.2	
	Evento 1	Impacto 1	Ambiental	1.3	Futuro
		Impacto 2	Imagem	1.4	
	Evento 2	Impacto 1	Ambiental	1.5	
		Impacto 2	Ambiental	1.6	
Aspecto 2	-	Impacto 1	Financeiro	2.1	Atual
		Impacto 2	Financeiro	2.2	
		Impacto 3	Imagem	2.3	
	Evento 1	Impacto 1	Financeiro	2.4	Futuro
	Evento 2	Impacto 1	Ambiental	2.5	
		Impacto 2	Financeiro	2.6	
		Impacto 3	Imagem	2.7	
Aspecto n	Evento 1	Impacto 1	Financeiro	n.1	Futuro
	Evento 2	Impacto 1	Imagem	n.1	

(-) Não foi especificada ocorrência de evento: corresponde a cenário de risco atual.

A última coluna da planilha eventualmente poderia ser descartada, considerando-se que, quando a ocorrência de algum evento não é especificada, o cenário corresponde a um risco atual e, quando se especifica tal evento, trata-se de um risco futuro.

6.2.4 Cálculo dos riscos

O cálculo dos riscos envolve a atribuição de valores numéricos aos riscos identificados na etapa anterior, compreendendo sua pontuação, ponderação e integração, conforme descrito a seguir.

6.2.4.1 Pontuação dos riscos

A pontuação compreende a atribuição de valores às probabilidades de ocorrência dos cenários de risco e às severidades das suas conseqüências, utilizando-se das escalas previamente definidas, conforme descrito na Seção 6.1.2.1.

Primeiramente deve ser definido o horizonte a ser considerado na avaliação dos riscos futuros, visto que os valores de probabilidades de ocorrência e de severidade de conseqüências dos cenários de riscos devem refletir possíveis ocorrências no intervalo de tempo considerado. Como exemplo, poderia ser atribuído a um determinado cenário de risco 10% de probabilidade de ocorrência para um horizonte de 10 anos e 30% para um horizonte de 20 anos.

Uma vez que alguns efeitos da gestão ambiental de uma empresa muitas vezes só são verificados a longo prazo, é recomendável que os horizontes de avaliação não sejam demasiadamente curtos. Para o estudo de caso apresentado na Seção 7, por exemplo, foi utilizado um horizonte de avaliação de 10 anos.

6.2.4.1.1 Atribuição de valores de probabilidade

Para o caso dos cenários de risco atuais, aplica-se a probabilidade de 100%, pois correspondem a eventos certos, atualmente verificados. Para os cenários de risco futuro, deve-se aplicar probabilidades inferiores a 100%, que representem a

expectativa de ocorrência do evento e impacto considerados em cada cenário durante o horizonte de avaliação.

A seleção da probabilidade a ser aplicada para cada caso deve ser feita pelo avaliador ou por um conjunto de avaliadores baseado em experiências profissionais, bancos de dados, informações oficiais (e.g.: anúncio do governo que a cobrança pelo uso da água em determinado local será implantada em cinco anos), dentre outras informações. É importante, entretanto, que sejam mantidos os mesmos critérios para a determinação de probabilidades na avaliação de todas as alternativas envolvidas em um processo decisório, de forma a minimizar discrepâncias quando da comparação dos resultados.

6.2.4.1.2 Atribuição de valores de severidade

Previamente à utilização das escalas, deve-se levantar as informações que indiquem a severidade dos impactos considerados na avaliação, obtidos quando da identificação dos riscos. Preferencialmente devem ser utilizados dados numéricos da empresa envolvida no processo decisório (e.g.: dados de monitoramentos, relatórios técnicos e financeiros, etc.). Se os dados não forem disponíveis, pode-se recorrer a estimativas bem embasadas, conforme discutido para o caso das probabilidades, para a obtenção de valores numéricos, ou trabalhar com informações qualitativas.

Como exemplo da estimativa de valores numéricos, a concentração de contaminantes em um corpo d'água a jusante de um ponto de lançamento de efluentes poderia ser calculada através das vazões do efluente e corpo receptor e concentrações do efluente, caso não se disponha de dados de monitoramento desse corpo receptor. Como a avaliação das alternativas através da metodologia de auxílio à tomada de decisão em estudo é feita por comparação, e não por valores absolutos, eventuais aproximações, como a não consideração de concentrações de

contaminantes no corpo receptor à montante do ponto de lançamento de efluentes, possivelmente não resultariam em erros significativos no processo decisório.

Os dados numéricos e as demais informações que possam indicar a severidade dos impactos devem então ser convertidos para valores da escala arbitrária, entre 0 e 100, conforme apresentado na Seção 6.1.2.2. Os impactos negativos (e.g.: perdas financeiras, redução da disponibilidade hídrica, etc.) devem receber valores positivos (0 a 100), enquanto que impactos positivos (e.g.: ganhos financeiros, etc.) devem receber valores negativos (0 a -100).

6.2.4.1.3 Obtenção de valores de riscos

Utilizando-se do conceito básico apresentado na Seção 4.3, pode-se obter o valor de risco de cada cenário “i” para cada uma das categorias “j” (j = ambiental, financeiro, e imagem) por:

$$\text{Risco}_{i,j} = \text{Probabilidade}_i \times \text{Severidade}_{i,j}$$

Onde Probabilidade_i e Severidade_{i,j} correspondem aos valores de probabilidade de ocorrência e de severidade de conseqüências do cenário de risco, expressos em percentagem para o primeiro caso e em valores da escala arbitrária no segundo.

Ressalta-se que, conforme discutido anteriormente, para os cenários de riscos futuros os valores devem refletir as probabilidade de ocorrência e severidade das conseqüências durante todo o horizonte de avaliação.

Para eventos que possam se repetir ao longo do período considerado como horizonte de avaliação deve-se, quando possível, atribuir valores de probabilidade e severidade que correspondam a todas as ocorrências esperadas desses eventos.

Como exemplo, pode ser necessário calcular o risco financeiro decorrente do pagamento de multas por não conformidade. Supondo um horizonte de avaliação de dez anos, o avaliador poderia considerar a ocorrência de três eventos (multa por não

conformidade), que ocorreriam nos anos 2, 6 e 8, por exemplo, cada uma resultando em uma despesa de R\$ 10.000. Seria necessário calcular o valor presente de cada um dos impactos (seria necessário definir previamente uma taxa de desconto) e somar os valores. Considerando que o cenário de risco seria a ocorrência de três multas por não conformidade, o avaliador teria que atribuir uma probabilidade para representar sua expectativa de ocorrência nos próximos dez anos.

Alternativamente o avaliador poderia considerar que cada uma das multas corresponderia a um cenário diferente, calculando o risco independentemente para cada um. Uma terceira abordagem seria considerar a ocorrência de apenas uma multa, porém com uma probabilidade de ocorrência maior que a esperada para a ocorrência de três multas.

6.2.4.2 Ponderação dos riscos

A ponderação consiste em multiplicar os valores de risco obtidos anteriormente pelos pesos dos critérios utilizados para a tomada de decisão, obtendo-se como resultado tais riscos ponderados de acordo com a importância que o tomador de decisão dá aos critérios ambiental, financeiro e de imagem.

O risco ponderado de cada cenário “i” ($RiscoPonderado_i$) pode ser dado por:

$$RiscoPonderado_i = Risco_{ij} \times Peso_j$$

Onde $Peso_j$ corresponde ao peso de cada um dos critérios (ambiental, financeiro e imagem), previamente informados pelos tomadores de decisão da empresa.

6.2.4.3 Integração dos riscos

Uma vez que os riscos de cada uma das categorias (ambiental, financeiro e imagem) foram ponderados, pode-se somá-los para obtenção de um valor que integre os diversos cenários considerados na avaliação.

A integração dos riscos é feita somando-se os riscos ponderados, sendo dado por:

$$\text{RiscoTotal} = \sum \text{RiscoPonderado}_i$$

A integração dos riscos pode ser feita primeiramente para cada aspecto considerado na avaliação, e em um segundo momento para todos os aspectos, conforme apresentado na próxima seção.

6.2.4.4 Considerações sobre o cálculo dos riscos

Na Tabela 6.6 é apresentado um exemplo de planilha para o cálculo e integração dos riscos para a metodologia de auxílio à tomada de decisão em estudo.

Tabela 6.6 - Exemplo de planilha para cálculo e integração dos riscos

Aspecto	Cenários	Probabilidade do Cenário	Severidade dos Impactos			Riscos (probab. X impacto)			Riscos Ponderados (riscos X pesos)			Risco Total
			Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	
									50% ⁽¹⁾	30% ⁽¹⁾	20% ⁽¹⁾	
1	1.1	100%	10			10			5			5,0
	1.2	10%	50			5			2,5			2,5
	1.3	1%		20			0,2			0,06		0,1
	1.4	50%		40			20			6		6,0
	1.5	10%			50			5			1	1,0
	1.6	1%	80			0,8			0,4			0,4
	Valor Total Aspecto 1											15,0
2	2.1	100%	20			20			10			10,0
	2.2	100%		60			60			18		18,0
	2.3	100%		20			20			6		6,0
	2.4	20%		40			8			2,4		2,4
	2.5	10%			50			5			1	1,0
	Valor Total Aspecto 2											37,4
n	n.1	100%	30			30			15			15,0
	n.2	40%		55			22			6,6		6,6
	n.3	30%			30			9			1,8	1,8
	n.4	20%		25			5			1,5		1,5
	n.5	10%	42			4,2			2,1			2,1
	Valor Total Aspecto n											27,0
Risco Total (soma dos valores totais dos cenários dos aspectos 1 a n)												79,4

(1) Pesos dos critérios para a tomada de decisão

Os valores de risco totalizados para cada aspecto podem indicar sua relevância perante as demais questões ambientais consideradas na avaliação integrada de riscos, enquanto que o valor de risco total (soma dos riscos dos cenários) indica qual o potencial de impactos ambientais, financeiros e de imagem associados a todas as questões consideradas na avaliação.

O valor de risco total associado a cada aspecto pode fornecer uma informação preliminar ao tomador de decisão sobre qual desses aspectos oferece mais riscos, merecendo uma atenção especial em termos de gestão ambiental. Deve-se ressaltar, entretanto, que, conforme discutido na Seção 6.2.2, pode haver diferenças nas definições dos aspectos dependendo de como for conduzida a avaliação, o que poderia resultar em maiores riscos para um ou outro aspecto devido a questões de definição.

Voltando ao exemplo apresentado na Seção 6.2.2, se a geração e lançamento de uma determinada corrente de efluentes fossem avaliados como aspectos diferentes, um avaliador poderia associar riscos financeiros, decorrentes de multas por não conformidade, ao lançamento enquanto que outro poderia associar tais riscos à geração de efluentes. Neste caso ficaria a dúvida de qual dos aspectos seria o mais relevante em termos de riscos.

Uma outra questão a ser considerada no cálculo é evitar a duplicidade de informações quanto da integração dos riscos. Para o exemplo anterior, em que são considerados na avaliação a geração e lançamento de efluentes, o avaliador poderia associar o risco ambiental de alteração da qualidade da água do corpo receptor ao lançamento e à geração de efluentes. Neste caso, o impacto ambiental seria causado diretamente pelo lançamento e indiretamente pela geração de efluentes, de

forma que apenas um valor indicando o risco ambiental de alteração da qualidade da água deveria ser computado para a totalização dos riscos.

O cálculo dos riscos associados às questões ambientais da empresa compreendidas na tomada de decisão, conforme descrito nesta Seção, primeiramente deve ser feito considerando a manutenção das condições de gerenciamento ambiental da empresa durante o horizonte de avaliação. O resultado desse cálculo será o risco associado à manutenção das condições atuais da empresa, denominado nesta metodologia como “situação 0”.

Conforme será visto nas próximas seções, esse cálculo deverá ser repetido considerando a aplicação de cada uma das alternativas levantadas para a minimização dos riscos. Uma vez que a aplicação das alternativas resultaria em modificação das condições atuais de gerenciamento ambiental da empresa, seriam obtidos diferentes valores de risco total para cada uma das situações (aplicação das alternativas) avaliadas, denominadas nesta metodologia como “situações 1 a n”.

6.2.5 Levantamento de alternativas para minimização dos riscos

As alternativas para a minimização dos riscos associados à gestão ambiental da empresa podem compreender, dentre outras, soluções de engenharia (e.g.: implantação de sistemas de tratamento, modificações em processos produtivos, etc.) e de gestão (e.g.: modificação de locais de disposição de resíduos ou procedimento de descarte de efluentes, etc.). Essas alternativas podem ser focadas na redução da severidade dos impactos, da probabilidade de ocorrência dos cenários de risco ou em ambos.

Um ponto de partida para o levantamento das alternativas pode ser o resultado do cálculo dos riscos associados à manutenção das condições atuais de gerenciamento ambiental da empresa (“situação 0”). Os cenários que

apresentassem maiores valores de risco poderiam ser priorizados em termos de levantamento de alternativas, pois apresentariam maiores potenciais de redução do risco total. Essas informações seriam especialmente relevantes em casos em que o número de aspectos for elevado e o tempo e recursos para levantamento de alternativas for reduzido.

Para o levantamento de alternativas, o avaliador poderá recorrer à lista de cenários de riscos, conforme exemplificado na Tabela 6.5, identificando potenciais soluções para a redução dos riscos de cada um desses cenários.

Recomenda-se que o levantamento de alternativas para a minimização dos riscos seja conduzido por um avaliador ou grupo de avaliadores com conhecimento das operações da empresa envolvida na tomada de decisão, bem como de tecnologias e ferramentas de gestão potencialmente aplicáveis ao caso em estudo. Também é recomendável que, caso a equipe responsável pelo levantamento não conte com funcionários da empresa em estudo, que as potenciais alternativas sejam verificadas por membros dessa empresa para se ter uma idéia prévia sobre sua viabilidade técnica e financeira. Alternativas consideradas neste momento inviáveis pela equipe da empresa não seriam avaliadas nas etapas posteriores da aplicação da metodologia.

De forma a facilitar o gerenciamento das informações nas etapas seguintes da aplicação da metodologia, as alternativas levantadas poderiam ser numeradas e listadas em uma planilha, conforme exemplificado na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Exemplo de planilha para listagem das alternativas

Nº	Descrição da Alternativa
1	Alternativa 1
2	Alternativa 2
n	Alternativa n

6.2.6 Análise integrada das alternativas

Algumas das alternativas levantadas para reduzir os riscos de um determinado cenário possivelmente poderiam alterar, reduzindo ou aumentando, os riscos de outros cenários. Como exemplo disso, a recirculação de efluentes em uma indústria objetivando a redução da captação de água resultaria em redução da vazão de efluentes lançados, bem como poderia aumentar a concentração de contaminantes nesse efluente, o que poderia resultar em alteração de riscos ambientais e financeiros (multas por não conformidade) não associados diretamente à captação de água.

Dessa forma, incorporou-se na metodologia de auxílio à tomada de decisão em estudo uma avaliação integrada, onde são verificados os potenciais efeitos de cada uma das alternativas em todos os cenários de risco considerados.

Os resultados dessa avaliação integrada poderiam ser expressos em uma planilha, conforme ilustrado na Tabela 6.8, onde seriam descritos brevemente os efeitos de cada alternativa em cada um dos cenários de risco.

Tabela 6.8 - Exemplo de planilha para avaliação integrada de alternativas

Cenários	Descrição da alteração do risco causado pelas alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa n
1.1	Efeito de 1 em 1.1	Efeito de 2 em 1.1	Efeito de n em 1.1
1.2	Efeito de 1 em 1.2	Efeito de 2 em 1.2	Efeito de n em 1.2
n.1	Efeito de 1 em n.1	Efeito de 2 em n.1	Efeito de n em n.1

6.2.7 Avaliação do risco residual resultante de cada alternativa

Conforme apresentado na Seção 6.2.4, o cálculo do risco primeiramente é realizado considerando a manutenção das condições atuais da empresa, o que foi definido como “situação 0”. Em seguida o cálculo é refeito para cada uma das alternativas consideradas na avaliação, que resultariam em diferentes condições, definidas como “situações 1 a n”.

A avaliação do risco residual consiste em verificar o quanto o risco foi alterado para cada “situação 1 a n” em relação à “situação 0”.

Para isto, deve-se primeiramente recorrer à avaliação integrada das alternativas para verificar as alterações que cada uma delas provocaria em cada cenário de risco caso fossem implantadas. Tais alterações corresponderiam a diferentes valores de probabilidades de ocorrência, de severidade de conseqüências ou de ambos para um ou mais dos cenários de risco considerados na avaliação.

Para cada uma das alternativas, os novos valores de probabilidade e/ou severidade potencialmente decorrentes de sua implantação devem então substituir os valores originais (“situação 0”) na planilha de cálculo de riscos, conforme exemplificado na Tabela V.6, resultando em um novo valor de risco total. Este procedimento deve ser repetido para cada uma das n alternativas consideradas na avaliação, obtendo-se, portanto, n diferentes planilhas de cálculos de riscos.

Ressalta-se que para cada alternativa, os únicos valores a serem modificados na planilha de cálculo de riscos em relação à “situação 0” são as probabilidades e/ou severidades afetadas pela alternativa em questão. Ou seja, mantêm-se os demais valores da planilha de cálculos de riscos da “situação 0”.

Uma vez que as alternativas foram levantadas para a minimização dos riscos relacionados às questões ambientais da empresa, como resultado da revisão dos

cálculos descritos nessa seção, serão obtidos valores de risco total associados à implantação dessas alternativas inferiores aos valores de risco total. Esses valores de risco total associados a cada alternativa são seus riscos residuais, e podem ser avaliados de diversas formas. Três dessas formas de avaliação são descritas a seguir.

6.2.7.1 Redução do risco, independente do investimento

Com esta primeira avaliação busca-se identificar quais as alternativas proporcionariam maior redução do risco, sem levar-se em conta o investimento necessário para implementá-las. Para isto, os riscos residuais totais associados a cada uma das alternativas ($RiscoTotal_1$, $RiscoTotal_2$ $RiscoTotal_n$) são comparados com o risco total associado à manutenção das condições atuais ($RiscoTotal_0$).

As melhores alternativas seriam aquelas que apresentassem o menor risco residual, correspondendo à maior redução de risco quando comparado à manutenção das condições atuais ($\max(RiscoTotal_0 - RiscoTotal_i)$, onde “i” corresponde ao número da alternativa.

Esta avaliação serve apenas para ilustrar os benefícios das alternativas, sendo limitada para o auxílio à tomada de decisões, uma vez que os investimentos para sua implantação não são considerados.

6.2.7.2 Redução do risco considerando o investimento

Neste caso, os investimentos (custos de capital, operação e manutenção das alternativas durante o horizonte considerado na avaliação, quando aplicáveis), são considerados como uma parcela de risco financeiro, cujos valores são calculados utilizando-se a escala de severidade e pesos previamente definida. Para este caso utiliza-se probabilidade de 100% para o cálculo do risco, pois para a avaliação dos

efeitos de uma determinada alternativa o investimento para sua implantação seria uma condição certa.

Esses valores de riscos financeiros são então somados aos riscos residuais de cada alternativa “i”, obtendo-se os saldos dos riscos associados às mesmas, que pode ser dado por:

$$\text{SaldoRisco}_i = \text{RiscoTotal}_i + \text{RiscoInvestimento}_i$$

Para a manutenção das condições atuais, que não considera investimentos em melhorias, ter-se-ia que $\text{SaldoRisco}_0 = \text{RiscoTotal}_0$.

As melhores alternativas seriam aquelas que apresentassem o menor saldo de risco, correspondendo à maior redução do saldo do risco quando comparado à manutenção das condições atuais ($\max(\text{SaldoRisco}_0 - \text{SaldoRisco}_i)$).

Com esta avaliação busca-se verificar se, mesmo considerando os investimentos, que são elevados em alguns casos, as alternativas ainda são atrativas em termos de redução do risco.

Eventualmente ao considerar o investimento para a implantação da alternativa como um risco financeiro, pode-se obter valores de saldo do risco maiores que os calculados para a “situação 0”, ou seja, observa-se um aumento do risco quando se considera a implantação dessa alternativa. Essa situação corresponderia a ter um impacto financeiro decorrente da implantação de tal alternativa maior que seus benefícios em termos de redução dos riscos ambientais, financeiros e de imagem.

6.2.7.3 Relação entre o investimento e redução do risco

Para esta avaliação, dividi-se o investimento na alternativa “i” pela redução do risco proporcionado pela mesma ($\text{RiscoTotal}_0 - \text{RiscoTotal}_i$), obtendo-se a relação entre o valor investido e o risco reduzido.

Neste caso, as melhores alternativas seriam aquelas que apresentassem a menor relação, correspondendo ao menor investimento para uma dada redução de risco.

Ressalta-se com esta avaliação não se identifica as alternativas que mais reduzem o risco, como nas avaliações anteriores, mas sim aquelas que necessitariam menor investimento se obter uma dada redução do risco. Essa informação pode ser útil em uma situação de recursos escassos e se desejar otimizar os investimentos em melhorias ambientais.

6.2.7.4 Considerações sobre a avaliação das alternativas

O tipo de avaliação do risco residual das alternativas a ser utilizado fica a critério do tomador de decisão, podendo ser interessante, inclusive, que mais de um tipo de resultado seja considerado na tomada de decisão.

Recomenda-se que, após a avaliação do risco residual das alternativas, estas sejam classificadas em termos de redução do risco com ou sem investimento ou relação entre investimento e redução do risco, dependendo ao tipo de avaliação utilizada. Essa classificação, que pode ser feita em forma gráfica ou de tabelas, possibilita um melhor gerenciamento das informações utilizadas para a tomada de decisão.

Ressalta-se que os resultados da avaliação das alternativas utilizando a metodologia em estudo servem como uma informação consolidada, obtida com intuito de auxiliar o tomador de decisão. Mesmo que tais resultados sejam incorporados no processo decisório, outras informações, mesmo que não estejam explicitadas, provavelmente seriam utilizadas para a tomada de decisão.

6.3 Resumo da metodologia desenvolvida

Na Figura 6.2 são indicadas as definições e etapas necessárias para a aplicação da metodologia de auxílio à tomada de decisão em estudo.

Figura 6.2 - Estrutura da metodologia

7 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado nesta dissertação compreendeu a aplicação da metodologia desenvolvida neste trabalho de mestrado para o auxílio à tomada de decisão relacionada à priorização de alternativas para a otimização do manejo de água e efluentes em um complexo industrial.

A avaliação integrada dos riscos relacionados às alternativas teve como objetivo identificar aquelas que apresentassem o maior potencial de redução dos riscos ambientais, financeiros e de imagem da Empresa associados ao manejo de águas e efluentes do complexo industrial em estudo, considerando um horizonte de 10 anos.

7.1 Descrição do problema

O complexo industrial compreendido no estudo de caso consistia de unidades de mineração, beneficiamento de minério e plantas químicas, onde o minério beneficiado era processado, além de unidades auxiliares (administração, oficinas, refeitório).

Quase a totalidade dos 2500 m³/h de água utilizada no complexo destinava-se à planta de beneficiamento, cujo processo gerava rejeitos (cerca de 2200 m³/h de efluente com cerca de 8% sólidos), que eram encaminhados a uma barragem para sedimentação de sólidos. O efluente da barragem de rejeito era descartado em um rio de pequeno porte, cerca de 300 m à jusante do ponto de captação de água, que era feita em uma barragem nesse mesmo rio. Este rio atendia a algumas propriedades rurais à jusante do complexo industrial.

A vazão de efluentes lançados ao corpo receptor, de cerca de 2600 m³/h (média anual), era maior que a vazão de rejeitos e de água captada devido a

contribuições naturais na área da barragem de rejeitos: precipitação e pequenos córregos. Elevadas concentrações de fósforo e flúor no efluente da barragem impediam sua recirculação para a usina de beneficiamento, pois tais contaminantes causavam redução da eficiência do processo (flotações).

Localizado a cerca de 20 minutos do centro de uma cidade de pequeno porte, o complexo tinha como vizinhos fazendas e uma área destinada ao uso e contemplação de fontes de água, que consistia em um dos principais atrativos turísticos da cidade.

As principais questões relacionadas ao manejo de água e efluentes do complexo industrial estavam relacionadas à grande demanda de água, vazão e qualidade de efluentes lançados da barragem de rejeito e uso de área para disposição dos rejeitos do beneficiamento. Esses pontos representavam vulnerabilidades da Empresa, que poderiam vir a afetar seus negócios.

O complexo industrial em estudo correspondia ao maior faturamento no Brasil da Empresa, que apresentava negócios também em vários outros países.

Na Figura 7.1 é apresentado um esquema do manejo de águas e efluentes do complexo industrial.

Figura 7.1 - Esquema do manejo de águas e efluentes do estudo de caso

7.2 Aplicação da metodologia

7.2.1 Levantamento dos pesos dos critérios

O levantamento dos pesos dos critérios que seriam utilizados para a tomada de decisão foi realizado através de entrevistas junto a gerentes das unidades produtivas e de meio ambiente do complexo industrial e junto ao gerente corporativo de meio ambiente da Empresa.

Uma vez que os entrevistados informaram valores diferentes para os pesos de cada critério, como era de se esperar, foi calculada a média aritmética simples desses valores para ser utilizado no cálculo dos riscos. Os valores médios obtidos foram:

- peso do critério ambiental: 34 %;
- peso do critério financeiro: 27%;
- peso do critério de imagem: 39%.

A atribuição do maior peso ao critério de imagem refletia a preocupação da Empresa evitar desgastes com suas partes interessadas, principalmente o administrador da área vizinha destinada ao turismo e os órgãos ambientais locais.

7.2.2 Identificação dos aspectos

A identificação dos aspectos foi realizada com o auxílio de entrevistas junto às equipes das unidades produtivas e de meio ambiente do complexo industrial, avaliação de documentação técnica (incluindo relatórios, projetos e dados de monitoramento de qualidade de água e efluentes) e financeira, bem como inspeções de campo.

Algumas das principais questões relacionadas ao manejo de água e efluentes do complexo industrial, que foram considerados como aspectos para a avaliação de

alternativas no estudo de caso, são apresentados na Tabela 7.1. Ressalta-se que durante os serviços realizados junto a essa empresa foram levantados um número muito maior de aspectos, entretanto, decidiu-se por apresentar nesta dissertação apenas os mais relevantes para exemplificar do uso da metodologia de auxílio à tomada de decisão desenvolvida.

Tabela 7.1 - Principais aspectos identificados no estudo de caso

Nº do Aspecto	Denominação do Aspecto	Descrição do Aspecto
1	Captação de água.	Captação de cerca de 2500 m ³ /h , utilizada principalmente no processo de beneficiamento.
2	Disposição de lamas e rejeitos do beneficiamento na barragem.	Disposição de cerca de 2200 m ³ /h de rejeitos e lamas com concentração média de cerca de 8% de sólidos.
3	Lançamento de efluentes da barragem de rejeitos.	Lançamento de cerca de 2600 m ³ /h de efluente da barragem de rejeito em um rio local. Principais contaminantes: fósforo e flúor.

7.2.3 Identificação dos riscos

A identificação dos cenários de riscos foi feita com base nas informações obtidas durante o levantamento dos aspectos e discussões com a equipe da Empresa em estudo e com profissionais com experiência em gestão de água e efluentes em indústrias e mineradoras.

Na Tabela 7.2 são apresentados os principais cenários de riscos levantados durante os serviços realizados para o estudo de caso.

Tabela 7.2 - Principais cenários de risco identificados no estudo de caso

Aspectos	Eventos	Impactos	Categoria Impacto	Nº Cenário de Risco
Aspecto 1	Restrições quanto à vazão de água captada devido a: limite de outorga para captação ou redução da disponibilidade hídrica no ponto de captação.	Perda de receita devido a restrições de produção (atual e prevista em expansões) dos processos industriais que utilizam água, especialmente o beneficiamento.	Financeiro	1.1
	Implementação da cobrança pelo uso da água	Custos com cobrança pelo uso da água relacionados à captação.	Financeiro	1.2
Aspecto 2	-	<u>Uso / Modificação de espaço físico:</u> degradação (inundação e alteração do relevo) de grande extensão de área nas barragens para permitir a clarificação da água contida nas lamas e rejeitos.	Ambiental	2.1
		Custos operacionais para manutenção das barragens, muitos dos quais associados a obras para drenagens e contenção de água nessas estruturas.	Financeiro	2.2
		Custos com investimentos necessários às expansões (alteamientos) das barragens: realização de obras, aquisição de áreas, requisição de licenças.	Financeiro	2.3

Aspectos	Eventos	Impactos	Categoria Impacto	Nº Cenário de Risco
	Supervalorização das áreas adjacentes às barragens ou aumento das exigências para sua expansão.	Aumento dos custos com expansão das barragens.	Financeiro	2.4
	Exigência dos órgãos reguladores de que sejam realizadas obras para descomissionamento das barragens.	Custos com investimentos necessários à realização dessas obras.	Financeiro	2.5
	Impossibilidade temporária ou definitiva de expansão das barragens devido a: não disponibilidade ou inviabilidade econômica de aquisição de terras; restrições legais.	Perda de receita caso seja necessário reduzir a produção, de modo a diminuir a geração de lamas e rejeitos.	Financeiro	2.6
Aspecto 3	-	<u>Alteração da qualidade da água superficial</u> no corpo receptor, devido ao lançamento de efluentes (principais contaminantes: P e F).	Ambiental	3.1
	Redução da capacidade de autodepuração do corpo receptor causada por decréscimo de sua disponibilidade hídrica	<u>Alteração da qualidade da água superficial:</u> uma mesma carga de contaminantes lançada como efluente resultaria em maiores concentrações no corpo receptor, causando um maior impacto.	Ambiental	3.2

Aspectos	Eventos	Impactos	Categoria Impacto	Nº Cenário de Risco
	Não conformidades em relação à qualidade dos efluentes lançados ou da água do corpo receptor, que seja causada por estes lançamentos (principais parâmetros de interesse: fósforo e flúor).	Custos com pagamento de multas e/ou custos para cumprimento de medidas compensatórias.	Financeiro	3.3
		Perda de receita caso ocorram restrições à produção impostas pelos órgãos reguladores ou para evitar não conformidades	Financeiro	3.4
		Danos à imagem caso as não conformidades sejam divulgadas na imprensa.	Imagem	3.5
	Implementação da cobrança pelo uso da água	Custos com cobrança pelo uso da água relacionados à vazão de lançamento de efluentes da barragem para o corpo receptor.	Financeiro	3.6
		Custos com cobrança pelo uso da água relacionados à carga de contaminantes nos efluentes lançados da barragem para o corpo receptor.	Financeiro	3.7
	Exigência dos órgãos fiscalizadores que seja implantada uma estação de tratamento para enquadramento das concentrações de contaminantes no efluente da barragem e na água do corpo receptor.	Custos com implantação e operação da estação de tratamento dos efluentes da barragem (a estação seria implantada após a barragem; principais contaminantes a serem removidos: fósforo e flúor).	Financeiro	3.8

7.2.4 Cálculo dos Riscos

O cálculo dos riscos envolveu primeiramente o levantamento de valores numéricos referentes à probabilidade de ocorrência dos cenários de riscos, seguindo-se a atribuição de valores na escala arbitrária (0 a 100), o cálculo dos riscos propriamente dito, sua ponderação e integração, conforme apresentado na Seção 6.2.4.

Alguns dos valores numéricos referentes aos impactos ambientais e financeiros foram obtidos quando do levantamento dos aspectos realizado junto à empresa, enquanto que outros foram estimados com base em registros da Empresa em estudo e de outras do mesmo ramo de atividades (e.g.: valores relacionados a não conformidades) ou calculados a partir de dados conhecidos (e.g.: aumento da alteração da qualidade de água superficial a partir de dados de monitoramento).

Os valores de severidade de impactos de imagem e de probabilidade de ocorrência dos cenários de risco futuros foram obtidos com base em opiniões pessoais, avaliação das condições da Empresa e outros fatores externos (e.g.: possíveis modificações na legislação), bem como discussão com outros profissionais com experiência em análise de riscos.

Para a conversão dos valores numéricos de probabilidade e de severidade de impactos em valores da escala arbitrária (0 a 100), foram utilizadas as escalas de probabilidade e de severidade apresentadas como exemplos na Seção 6 (ver Figura 6.1, Tabelas 6.2, 6.3 e 6.4 e Seção 6.1.2.2.1).

Os resultados do cálculo dos riscos são apresentados na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 0”

Aspecto	Cenários	Probabilidade do Cenário	Severidade dos Impactos			Riscos (probab. X impacto)			Riscos Ponderados (riscos X pesos)			Risco Total
			Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	
									34% ⁽¹⁾	27% ⁽¹⁾	39% ⁽¹⁾	
1	1.1	50%		370 ⁽²⁾			185,0			50,0		50,0
	1.2	50%		57			28,5			7,7		7,7
	Valor Total Aspecto 1											57,6
2	2.1	100%	660 ⁽²⁾			660,0			224,4			224,4
	2.2	100%		32			32,0			8,6		8,6
	2.3	100%		36			36,0			9,7		9,7
	2.4	10%		20			2,0			0,5		0,5
	2.5	5%		560 ⁽²⁾			28,0			7,6		7,6
	2.6	20%		8			1,6			0,4		0,4
	Valor Total Aspecto 2											251,3
3	3.1	100%	19			19,0			6,5			6,5
	3.2	10%	38			3,8			1,3			1,3
	3.3	20%		5			1,0			0,3		0,3
	3.4	1%		5,5			0,1			0,0		0,0
	3.5	10%			30			3,0			1,2	1,2
	3.6	50%		114 ⁽²⁾			57,0			15,4		15,4
	3.7	50%		285 ⁽²⁾			142,5			38,5		38,5
	3.8	30%		588 ⁽²⁾			176,3			47,6		47,6
Valor Total Aspecto 3											110,7	
Risco Total (soma dos valores totais dos cenários dos aspectos 1 a 3)												419,6
Custo Alternativa: R\$ 0,00												
Custo	0%		0			0			0			0
Saldo do Risco (Risco Total + Investimento)												419,6

(1) Pesos dos critérios para a tomada de decisão

(2) Valores extrapolados dos limites da escala arbitrária (0 a 100)

O valor de risco total apresentado acima corresponderia à “situação 0”, ou seja, aquela que não envolveria qualquer tipo de ação no sentido de modificar a gestão de águas e efluentes do complexo industrial.

A partir dos valores obtidos acima, pôde-se identificar como algumas das principais vulnerabilidades da empresa em relação ao manejo de águas e efluentes:

- a grande dependência de água para suas operações (cenário 1.1), uma vez que era prevista uma expansão de produção e a disponibilidade de água não supriria à nova demanda;
- o impacto causado pela disposição de rejeitos em barragens (cenário 2.1);
- a grande vazão e carga de contaminantes dos efluentes lançados ao corpo receptor (cenário 3.6 e 3.7); e
- a possível exigência de que seja realizado tratamento do efluente antes de seu lançamento (cenário 3.8), visto que a vazão a ser tratada era elevada.

Ressalta-se ainda que, para o cenário 1.1, a futura produção da empresa, após a expansão, foi considerada como incerta (i.e.: probabilidade menor que 100%), visto que ainda estava sendo estudada quando da realização do estudo de caso. O valor do impacto financeiro associado, apresentado na Tabela 7.3, inclui perda de parte da receita prevista no caso de expansão devido à limitação quantidade de água disponível no complexo industrial.

Para o caso do cenário 2.1, foi considerada a atual área ocupada pela barragem e a projeção para mais 10 anos de operação para a obtenção do valor de severidade do impacto ambiental. Neste caso a projeção de ocupação de área foi considerada como certa, visto que se mantendo a produção do complexo com as mesmas condições de manejo de águas e efluentes, a área ocupada pela barragem necessariamente aumentaria, conforme apresentado no plano diretor de barragens da Empresa compreendida no estudo de caso.

7.2.5 Levantamento de alternativas

Os resultados do cálculo dos riscos reforçaram a necessidade de recirculação de água no complexo, da barragem de rejeito para a usina de beneficiamento, que, conforme mencionado anteriormente, não estava sendo realizada devido à presença

de contaminantes no efluente da barragem, que reduziam a eficiência dos processos de separação no beneficiamento (flotação).

Durante o levantamento de alternativas buscou-se identificar soluções que minimizassem os riscos listados na Tabela 7.3, incluindo soluções para a recirculação de água da barragem de rejeitos para a usina de beneficiamento. Como resultado, obteve-se as várias alternativas de manejo de águas e efluentes, sendo apresentadas na Tabela 7.4 as mais relevantes avaliadas no estudo de caso.

Tabela 7.4 - Alternativas levantadas no estudo de caso

Nº	Descrição da Alternativa
1	Tratamento dos rejeitos na saída da usina de beneficiamento (adição de reagentes para acelerar a sedimentação), utilização da barragem de rejeitos como sedimentador (remoção de sólidos e parâmetros que podem causar alterações no processo: P, F) e recirculação para o Beneficiamento. Toda a vazão de efluentes da barragem seria tratada.
2	Instalação de uma estação para tratamento dos efluentes da barragem para remoção dos parâmetros que podem causar alterações no processo: P, F) e recirculação para o Beneficiamento. Apenas a vazão da barragem a ser recirculada seria tratada.
3	Instalação de espessadores de alta eficiência para remoção de sólidos dos rejeitos do beneficiamento antes de serem enviados à barragem; tratamento da água para remoção de fósforo e flúor; recirculação da água para a usina de beneficiamento; e disposição das frações sólidas das lamas e rejeitos (com menor teor de água, obtida nos espessadores de alta eficiência), possibilitando um maior ângulo de deposição dos resíduos (i.e.: menor área ocupada).

Na Figura 7.2 são apresentadas esquematicamente as modificações no manejo de águas e efluentes do complexo industrial em estudo considerando a aplicação de cada uma das alternativas apresentadas na Tabela 7.4.

Figura 7.2 - Alternativas avaliadas no estudo de caso

7.2.6 Análise integrada das alternativas

Seguindo a discussão apresentada na Seção 6.2.6, a análise integrada das alternativas consistiu na avaliação dos efeitos de cada uma nos cenários de risco

levantados, apresentados na Tabela 7.2 Os resultados dessa avaliação integrada são apresentados na Tabela 7.5.

Tabela 7.5 - Análise integrada das alternativas no estudo de caso

Cenários	Descrição da alteração do risco causado pelas alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1.1	Recirculação resultaria em redução da captação de água e dos riscos associados à restrição à produção.	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 1.1.	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 1.1.
1.2	Recirculação resultaria em redução da captação de água e possíveis custos de cobrança.	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 1.2.	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 1.2.
2.1	Não haveria efeito	Não haveria efeito	Redução da área ocupada para disposição de rejeitos resultaria em redução dos riscos associados ao uso e modificação de espaço físico.
2.2	Não haveria efeito	Não haveria efeito	Redução da quantidade de água enviada à barragem resultaria em redução dos custos com sua manutenção.
2.3	Não haveria efeito	Não haveria efeito	Redução da quantidade de água enviada à barragem resultaria em redução da necessidade (frequência) de

Cenários	Descrição da alteração do risco causado pelas alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
			obras para sua expansão, causando redução dos custos associados.
2.4	Não haveria efeito	Não haveria efeito	Idem efeito da Alternativa 3 no cenário 2.3.
2.5	Não haveria efeito	Não haveria efeito	Redução da área ocupada para disposição de rejeitos resultaria em redução de possíveis custos para descomissionamento da barragem.
2.6	Não haveria efeito	Não haveria efeito	Redução da quantidade de água enviada à barragem resultaria em redução da necessidade (frequência) de obras para sua expansão, causando redução dos riscos associados a impossibilidade de tal expansão.
3.1	Redução significativa da carga de contaminantes lançados nos efluentes da barragem (recirculação resultaria em redução da vazão de efluentes lançados e tratamento resultaria em redução da	Redução moderada da carga de contaminantes lançados nos efluentes da barragem (recirculação resultaria em redução da vazão de efluentes lançados, porém em possível aumento da	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.1

Cenários	Descrição da alteração do risco causado pelas alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	sua concentração de contaminantes) resultaria em redução do impacto de alteração da qualidade de água do corpo receptor.	concentração de contaminantes) resultaria em pequena redução do impacto de alteração da qualidade de água do corpo receptor.	
3.2	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 3.1.	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.1.	Idem efeito da Alternativa 3 no cenário 3.1.
3.3	Tratamento de toda a vazão da barragem resultaria em efluente com menor concentração de contaminantes, causando redução dos riscos decorrentes de não conformidades.	Possibilidade de aumento da concentração dos efluentes na barragem, devido à menor quantidade de água e pouca redução da carga de contaminantes, resultando em aumento dos riscos decorrentes de não conformidades.	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.3.
3.4	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 3.3.	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.3.	Idem efeito da Alternativa 3 no cenário 3.3.
3.5	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 3.3.	Aumento no risco à imagem devido à possibilidade de maior concentração de contaminantes nos efluentes.	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.5.
3.6	Recirculação resultaria em redução do lançamento efluentes e possíveis custos de cobrança relacionados à vazão lançada.	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 3.6.	Idem efeito da Alternativa 1 no cenário 3.6.

Cenários	Descrição da alteração do risco causado pelas alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
3.7	Recirculação e tratamento resultaria em menor carga de contaminantes no efluente lançado ao corpo receptor e possíveis custos de cobrança relacionados à carga de contaminantes.	Recirculação resultaria em redução da carga de contaminantes no efluente lançado ao corpo receptor e possíveis custos de cobrança (maiores custos que os observados para as Alternativas 1, pois não haveria tratamento do efluente lançado e poderia haver aumento da concentração de contaminantes).	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.7.
3.8	Recirculação e tratamento dos efluentes na barragem resultaria em minimização da possibilidade de exigência de tratamento final desses efluentes. Como seria reduzida a vazão de efluentes lançados ao corpo receptor, caso houvesse exigência de tratamento adicional desses efluentes, isto envolveria menores custos.	Possível aumento da concentração de contaminantes no efluente final resultaria em aumento da possibilidade de exigência do tratamento final de efluentes. Como seria reduzida a vazão de efluentes lançados ao corpo receptor, caso houvesse exigência de tratamento desses efluentes, isto envolveria menores custos.	Idem efeito da Alternativa 2 no cenário 3.8.

7.2.7 Avaliação do risco residual

Conforme apresentado na Seção 6.2.7, para a avaliação do risco residual associado a cada alternativa, primeiramente foi necessário recalcular os riscos considerando a aplicação de cada uma delas (“situações 1, 2 e 3”), seguindo-se a comparação dos resultados com o risco apresentado para a condição de não implantação de alternativas (“situação 0”).

7.2.7.1 Recálculo dos riscos para as alternativas

Com o auxílio da avaliação integrada, foram atribuídos novos valores de probabilidade e de severidade para alguns dos cenários de risco apresentados na Tabela 7.3, refletindo os efeitos de cada uma das alternativas nesses cenários. Esses novos valores alimentaram planilhas para cálculo dos riscos associados a cada alternativa, apresentadas nas Tabelas 7.6, 7.7 e 7.8, obtendo-se valores de risco para as situações 1, 2 e 3, que corresponderiam à aplicação das alternativas 1, 2 e 3.

Tabela 7.6 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 1”

Aspecto	Cenários	Probabilidade do Cenário	Severidade dos Impactos			Riscos (probab. X impacto)			Riscos Ponderados (riscos X pesos)			Risco Total
			Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	
									34% ⁽¹⁾	27% ⁽¹⁾	39% ⁽¹⁾	
1	1.1	5%		370			18,5			5,0		5,0
	1.2	50%		1			0,5			0,1		0,1
	Valor Total Aspecto 1											5,1
2	2.1	100%	660			660,0			224,4			224,4
	2.2	100%		32			32,0			8,6		8,6
	2.3	100%		36			36,0			9,7		9,7
	2.4	10%		20			2,0			0,5		0,5
	2.5	5%		560			28,0			7,6		7,6
	2.6	20%		8			1,6			0,4		0,4
	Valor Total Aspecto 2											251,3
3	3.1	100%	2			2,0			0,7			0,7
	3.2	5%	4			0,2			0,1			0,1
	3.3	2%		5			0,1			0,0		0,0
	3.4	0,1%		5,5			0,0			0,0		0,0
	3.5	1%			30			0,3			0,1	0,1
	3.6	50%		5			2,5			0,7		0,7
	3.7	50%		11			5,5			1,5		1,5
	3.8	1%		72			0,7			0,2		0,2
Valor Total Aspecto 3											3,2	
Risco Total (soma dos valores totais dos cenários dos aspectos 1 a 3)											259,7	
Custo Alternativa: R\$ 28,5 milhões (valor presente para taxa de desconto de 5% ao ano)												
Custo	100%		285			284,7			76,9			76,9
Saldo do Risco (Risco Total + Investimento)											336,5	

(1) Pesos dos critérios para a tomada de decisão.

(2) Valores sublinhados: modificados em relação à “situação 0” (Tabela 7.3).

(3) Taxa de desconto indicada pela Empresa compreendida no estudo de caso.

Tabela 7.7 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 2”

Aspecto	Cenários	Probabilidade do Cenário	Severidade dos Impactos			Riscos (probab. X impacto)			Riscos Ponderados (riscos X pesos)			Risco Total
			Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	
									34% ⁽¹⁾	27% ⁽¹⁾	39% ⁽¹⁾	
1	1.1	5%		370			18,5			5,0		5,0
	1.2	50%		1			0,5			0,1		0,1
	Valor Total Aspecto 1											5,1
2	2.1	100%	660			660,0			224,4			224,4
	2.2	100%		32			32,0			8,6		8,6
	2.3	100%		36			36,0			9,7		9,7
	2.4	10%		20			2,0			0,5		0,5
	2.5	5%		560			28,0			7,6		7,6
	2.6	20%		8			1,6			0,4		0,4
	Valor Total Aspecto 2											251,3
3	3.1	100%	15			15,0			5,1			5,1
	3.2	5%	20			1,0			0,3			0,3
	3.3	40%		5			2,0			0,5		0,5
	3.4	2%		5,5			0,1			0,0		0,0
	3.5	20%			30			6,0			2,3	2,3
	3.6	50%		5			2,5			0,7		0,7
	3.7	50%		143			71,5			19,3		19,3
	3.8	60%		121			72,8			19,7		19,7
Valor Total Aspecto 3											48,0	
Risco Total (soma dos valores totais dos cenários dos aspectos 1 a 3)											304,4	
Custo Alternativa R\$ 28,8 milhões (valor presente para taxa de desconto de 5% ao ano)												
Custo	100%		288			288,2			77,8			77,8
Saldo do Risco (Risco Total + Investimento)											382,2	

(1) Pesos dos critérios para a tomada de decisão.

(2) Valores sublinhados: modificados em relação à “situação 0” (Tabela 7.3).

(3) Taxa de desconto indicada pela Empresa compreendida no estudo de caso.

Tabela 7.8 - Cálculo dos riscos para o estudo de caso – “situação 3”

Aspecto	Cenários	Probabilidade do Cenário	Severidade dos Impactos			Riscos (probab. X impacto)			Riscos Ponderados (riscos X pesos)			Risco Total
			Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	Ambiental	Financeiro	Imagem	
									34% ⁽¹⁾	27% ⁽¹⁾	39% ⁽¹⁾	
1	1.1	5%		370			18,5			5,0		5,0
	1.2	50%		1			0,5			0,1		0,1
	Valor Total Aspecto 1											5,1
2	2.1	100%	500			500,0			170,0			170,0
	2.2	100%		26			26,0			7,0		7,0
	2.3	100%		22			22,0			5,9		5,9
	2.4	10%		16			1,6			0,4		0,4
	2.5	5%		423			21,2			5,7		5,7
	2.6	5%		8			0,4			0,1		0,1
	Valor Total Aspecto 2											189,2
3	3.1	100%	15			15,0			5,1			5,1
	3.2	5%	20			1,0			0,3			0,3
	3.3	40%		5			2,0			0,5		0,5
	3.4	2%		5,5			0,1			0,0		0,0
	3.5	20%			30			6,0			2,3	2,3
	3.6	50%		5			2,5			0,7		0,7
	3.7	50%		143			71,5			19,3		19,3
	3.8	60%		121			72,8			19,7		19,7
Valor Total Aspecto 3											48,0	
Risco Total (soma dos valores totais dos cenários dos aspectos 1 a 3)											242,3	
Custo Alternativa: R\$ 38,0 milhões (valor presente para taxa de desconto de 5% ao ano)												
Custo	100%		380			380,0			102,6		102,6	
Saldo do Risco (Risco Total + Investimento)											344,9	

(1) Pesos dos critérios para a tomada de decisão.

(2) Valores sublinhados: modificados em relação à “situação 0” (Tabela 7.3).

(3) Taxa de desconto indicada pela Empresa compreendida no estudo de caso.

7.2.7.2 Avaliação da variação dos riscos devido às alternativas

Na Tabela 7.9 é apresentado um resumo dos resultados do cálculo dos riscos associados às alternativas consideradas no processo decisório, bem como a potencial redução desses riscos em relação à manutenção das condições atuais (“situação 0”) obtida caso essas alternativas fossem implantadas.

Tabela 7.9 - Resumo dos resultados de riscos para o estudo de caso

Situação (alternativa)	Risco Total (S.I.)	Saldo do Risco (C.I.)	Redução do Risco em Relação à "Situação 0"				
			Absoluta		Percentual		Relativa ao Investimento ⁽¹⁾
			S.I.	C.I.	S.I.	C.I.	
Situação 0	419,6	419,6	0,0	0,0	0,00%	0,00%	0,00
Situação 1	259,7	336,5	159,9	83,1	38,12%	19,80%	0,18
Situação 2	304,4	382,2	115,2	37,4	27,45%	8,91%	0,25
Situação 3	242,3	344,9	177,3	74,7	42,25%	17,80%	0,21

(1) Milhões de reais investidos / ponto de risco reduzido.

(2) S.I.: sem considerar o investimento para implantação, operação e manutenção da alternativa.

(3) C.I.: considerando o investimento para implantação, operação e manutenção da alternativa.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7.9, a alternativa 3 seria aquela que resultaria em uma situação com menores riscos (maior redução em relação à “situação 0”), seguido das alternativas 1 e 2. Quando se considera o investimento necessário para sua implantação, operação e manutenção por 10 anos (horizonte de avaliação)., entretanto, a alternativa 1 apresenta melhores resultados, seguida das alternativas 3 e 2. Essa mesma ordem é verificada quando se avalia a relação entre investimento e risco reduzido, visto que a alternativa 1 é aquela que necessita de menor investimento para uma dada redução de risco.

7.2.8 Análise de sensibilidade

Os resultados da avaliação de riscos refletem a importância que a Empresa remete aos critérios utilizados para a tomada de decisão. Conforme discutido anteriormente, os pesos atribuídos aos critérios para a tomada de decisão podem variar de empresa para empresa e mesmo dentre diferentes unidades ou tomadores de decisão de uma mesma companhia, podendo influenciar os resultados da avaliação de riscos.

Como exemplo da influência dos pesos para a tomada de decisão, na Tabela 7.10 são apresentados resultados da avaliação das alternativas apresentadas nesse estudo de caso utilizando os seguintes valores:

- peso do critério ambiental: 80 %;
- peso do critério financeiro: 10%;
- peso do critério de imagem: 10%.

Tabela 7.10 - Resumo dos resultados de riscos para o estudo de caso utilizando diferentes pesos dos critérios para tomada de decisão

Situação (alternativa)	Risco Total (S.I.)	Saldo do Risco (C.I.)	Redução do Risco em Relação à "Situação 0"				
			Absoluta		Percentual		Relativa ao Investimento ⁽¹⁾
			S.I.	C.I.	S.I.	C.I.	
Situação 0	615,5	615,5	0,0	0,0	0,00%	0,00%	0,00
Situação 1	542,5	571,0	73,0	44,5	11,86%	7,24%	0,39
Situação 2	568,2	597,0	47,4	18,6	7,70%	3,02%	0,61
Situação 3	437,3	475,3	178,2	140,2	28,96%	22,78%	0,21

(1) Milhões de reais investidos / ponto de risco reduzido.

(2) S.I.: sem considerar o investimento para implantação, operação e manutenção da alternativa.

(3) C.I.: considerando o investimento para implantação, operação e manutenção da alternativa.

Os resultados na Tabela 7.10 indicam que a alternativa 3 apresentaria os melhores resultados de redução de riscos quando comparadas com as demais, mesmo considerando o investimento para sua implantação, o que difere dos resultados apresentados na Seção 7.2.7.2, onde a alternativa 1 mostrava-se como aquela que produzira maior redução dos riscos após computado o investimento.

Alguns fatores contribuíram de forma mais significativa para que a alternativa 3 se apresentasse como a mais atrativa nessa avaliação com pesos diferenciados:

- o elevado peso dado ao critério ambiental fez com o risco dessa categoria associado ao uso e modificação do espaço físico na área afetada pela barragem se destacasse perante os demais;
- a alternativa 3 é aquela apresentaria maior redução do risco ambiental associado à disposição de rejeitos na barragem, visto que a resultaria em redução da área de disposição de resíduos;
- o menor peso associado ao critério financeiro reduziu a importância do investimento necessário à alternativa 3, o mais elevado dentre as alternativas avaliadas, na tomada de decisão.

Dado o exposto acima, verifica-se a importância dos pesos dos critérios utilizados para a tomada de decisão, sendo recomendado um levantamento cuidadoso e, se possível, uma análise de sensibilidade envolvendo diferentes pesos, antes da tomada de decisão. Caso se verifique que os resultados são muito sensíveis a algum dos parâmetros considerados na análise, recomenda-se checar os passos seguidos para a realização da avaliação de riscos. Caso necessário, pode-se implementar modificações nessa avaliação a fim de reduzir sua sensibilidade a um determinado parâmetro.

7.3 Considerações sobre o estudo de caso

A Empresa envolvida no estudo de caso avaliou os resultados obtidos através da aplicação da metodologia considerando os investimentos necessários para a implantação, operação e manutenção das alternativas por um período de 10 anos. Esses resultados auxiliaram os tomadores de decisão dessa Empresas a selecionar a alternativa 1, dentre as 3 apresentadas nessa dissertação, priorizando a mesma em seus investimentos.

Ressalta-se que, conforme discutido anteriormente, durante o trabalho realizado junto à Empresa em estudo foram levantados e avaliados um número maior de aspectos, riscos e alternativas que os apresentados nessa dissertação, tendo sido selecionado para este trabalho alguns considerados como de maior relevância e que pudessem ilustrar a utilização da metodologia desenvolvida. Com o resultado dessa avaliação mais ampla, foi disponibilizado para a Empresa informações sobre solução de questões mais específicas, como a não conformidade dos efluentes de uma de suas oficinas de veículos ou o uso de água para a umectação de vias, adicionalmente aos resultados apresentados na presente dissertação.

Embora no estudo de caso tenham sido apresentadas poucas informações sobre questões relacionadas à imagem da Empresa, esse critério apresentou maior relevância em outras questões específicas do seu manejo de águas e efluentes, que não foram abordadas na presente dissertação. O exemplo mais claro disso refere-se ao manejo de águas do complexo industrial na área de sua mina, situada ao lado da área destinada ao turismo relacionado ao uso e contemplação de fontes de água, que apresentava grande vulnerabilidade a riscos de imagem.

8 CONCLUSÕES

O objetivo neste trabalho foi o desenvolvimento de uma metodologia para auxílio à tomada de decisões gerenciais que incorpora informações sobre fatores financeiros, ambientais e sociais decorrentes de aspectos e impactos e riscos ambientais associados às atividades de uma empresa.

Explicitou-se, também, conforme apresentado na Seção 6, os fatores financeiros e ambientais através de critérios para a tomada de decisão e categorias de riscos, enquanto que os fatores sociais foram parcialmente representados pelos dois primeiros critérios / categorias de risco e por um terceiro representando a imagem da empresa.

Dentre os aspectos mais relevantes observados quando do desenvolvimento e aplicação da metodologia de auxílio à tomada de decisão, destacam-se:

- a incorporação de cenários de risco e de mais de um critério para a tomada de decisão torna a análise mais completa, reduzindo possíveis erros devido a não consideração de informações relevantes ao processo decisório. Nesse sentido, a metodologia desenvolvida pode ser considerada como um avanço em relação às metodologias tradicionais de auxílio à tomada de decisão;
- o gerenciamento das informações utilizadas para os processos decisórios mostra-se como um dos grandes desafios para o tomador de decisão, visto que tais informações podem se apresentar em grande número e diferentes formas. A metodologia desenvolvida possibilita a estruturação e gerenciamento de um grande número de informações de diferentes formas, condensando-as em resultados numéricos em número reduzido e em uma única base (valores de risco), o que pode facilitar o processo decisório.

- durante o desenvolvimento da metodologia de auxílio à tomada de decisão, buscou-se mantê-la o mais flexível possível, de forma a possibilitar seu uso em diferentes situações. Dessa forma, sua aplicação mostra-se promissora tanto para outras empresas como para a avaliação de alternativas para outras questões ambientais, como as relacionadas à gestão de emissões atmosféricas e de resíduos;
- com a manutenção de uma estrutura flexível para a metodologia desenvolvida buscou-se também deixá-la acessível a possíveis modificações futuras que possam melhorar seu uso para o auxílio à tomada de decisão.
- embora possivelmente muitas melhorias possam ser incorporadas em futuras aplicações da metodologia de auxílio à tomada de decisão em estudo, a Empresa envolvida no estudo de caso considerou os resultados obtidos como satisfatórios, utilizando-os como base para sua tomada de decisão quanto à priorização de alternativas para a otimização do manejo de águas e efluentes em seu complexo industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AIChE). **Total Cost Assessment Methodology – Internal Managerial Decision Making Tool**. Center for Waste Reduction Technologies, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – Especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14004: Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio**. Rio de Janeiro, 2004.

BERKHOUT, F. (coord.); AZZONE, G.; CARLENS, J.; HERTIN, J.; JASCH, C.; NOCI, G.; OLSTHOORN, X.; TYTECA, D.; VAN DER WOERD, F.; VAN DRUNEN, M.; WAGNER, M.; WEHRMEYER, W.; & WOLF, O. **MEPI – Measuring the Environmental Performance of Industry**. Final report, EC Environment and Climate Research Program: Research Theme 4 - Human Dimensions of Environmental Change - Contract No: ENV4-CT97-0655. Fevereiro 2001. Disponível em: <http://www.environmental-performance.org>. Acessado em 14/11/2004.

BERKHOUT, F.; HERTIN, J.; CARLENS, J.; TYTECA, D.; OLSTHOORN, X.; WAGNER, M.; & WEHRMEYER, W. **Environmental indicators in industry – the MEPI experience**. Disponível em: <http://www.environmental-performance.org>. Acessado em 14/11/2004.

BIEKER, T.; DYLLICK, T.; GMINDER, C.; HOCKERTS, K.. **Towards a Sustainability Balanced Scorecard Linking Environmental and Social Sustainability to Business Strategy**. Institute for Economy and Environment, University of St Gallen. St Gallen, 2002

BISPO, C. A. F. **Uma Análise da Nova Geração de Sistemas de Apoio à Decisão**. São Carlos, 1998. 160 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRINGNALL, S.. **The Unbalanced Scorecard: A Social and Environmental Critique**. Londres, 2002

CLEMEN, R. T. **Making Hard Decisions: an introduction to decision analysis**. 2. ed. Pacific Grove, Brooks/Cole Publishing Company, 1996.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acessado em 12/03/2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 003 de 28 de junho de 1990**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acessado em 12/03/2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acessado em 15/04/2005.

ELETROBRAS. **Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidreleétrica e Termelétrica com Vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico**. Rio de Janeiro, 2000.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **An Introduction to Environmental Accounting as a Business Management Tool: Key Concepts and Terms**. Washington, 1995.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **The Benefits and Costs of the Clean Air Act**. Washington, 1997

FLOYD, P. J.; FOOTITT, A. J. **Risk Ranking for Small and Medium Enterprises**. Norfolk, 1999

FREITAS, A. H. A. **Testes rápidos para avaliação de toxicidade em efluentes industriais**. Relatório apresentado á disciplina de Processos Oxidativos Avançados, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.

GUIMARÃES, L. S. **Gerenciamento de Riscos e Segurança de Sistemas**. São Paulo, 2003.

GUIMARÃES, L. S. **Gerenciamento de Riscos em Projetos**. [Disciplina do Departamento de Engenharia Naval, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004 – Notas de Aula].

HOLLAND, M. & WATKISS, P. **Benefits Table Database - Estimates of the marginal external costs of air polution in Europe**. Disponível em <http://europa.eu.int>. Acessado em 15/09/2005.

KAHN, J. R.. **Characteristics and Criteria for Environmental Decision-Making: Implications for Materials Policy**. The International Materials Assessement and Aplication Center United Nations Industrial Development Organization (IMAAC/UNIDO). Rio de Janeiro, 2001.

KEENEY, R. **Value Focused Thinking**. Cambridge, Havard Unversity Press, 1992.

KRAEMER, M. E. P.. **Contabilidade Ambiental – O Passaporte para a Competitividade**. Disponível <http://www.sinescontabil.com.br>. Acessado em 02/12/2004.

KULAY, L. A.. **Desenvolvimento de Modelo de Análise de Ciclo de Vida Adequado às Condições Brasileiras – Aplicação ao Caso do Superfosfato Simples**. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **International Standard ISO 14031: Environmental Performance Management – Environmental Performance Evaluation – Guidelines**. Suíça, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Manual de Valoração Ambiental**. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acessado em 09/12/2004

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria N.º 1469, de 29 de dezembro de 2000**. Disponível em <http://portal.saude.gov.br/saude>. Acessado em 12/08/2004.

MORAES, D. D.; MADEIRA, G. J. **A Contabilidade como Sistema de Apoio à Decisão**. Disponível em <http://www.sinescontabil.com.br>. Acessado em 21/09/2005.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Background Paper on Valuing Environment Benefits and Damages in the NIS: Opportunities to Integrate Environmental Concerns into Policy and Investment Decisions**. Almaty, 2000.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Technical Guidance Document on the Use of Socio-economic Analysis in Chemical Risk Management Decision Making**. Paris, 2002.

OLSTHOORN, X.; TYTECA, D.; WEHRMEYER, W.; WAGNER, M. **Environmental Indicators for Business: A Review of the Literature and Standardisation Methods**. Manuscript for the Journal of Cleaner Production Manuscript ref: CpDH/2000/000311. Novembro, 2000.

SHIELDS, D.; BELOFF, B.; HELLER, M. **Environmental Cost Accounting for Chemical & Oil Companies: A Benchmarking Study**. Institute for Corporate Environmental Management – University of Huston. Huston, 1997.

WAGNER, M. **A Review of Empirical Studies Concerning the Relationship between Environmental Performance and Economic Performance**. Center for Sustainability Management – Universität Lüneburg. Alemanha, 2001.

WEHRMEYER, W.; TYTECA, D.; WAGNER M. **How many (and which) Indicators are necessary to compare the Environmental Performance of Companies? A sectoral and statistical answer**. The 7th European Roundtable on Cleaner Production. Suécia, 2001.