



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
E AMBIENTAL**

DISSERTAÇÃO

**Valoração da Contaminação de Água e Solo em Postos de Combustíveis no
Estado do Rio de Janeiro: Estudos de Caso com o Uso do Método DEPRN**

Dayene Pereira de Matos

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
E AMBIENTAL**

**VALORAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA E SOLO EM POSTOS
DE COMBUSTÍVEIS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: ESTUDOS
DE CASO COM O USO DO MÉTODO DEPRN**

DAYENE PEREIRA DE MATOS

Sob a Orientação do Professor
Everaldo Zonta

e Coorientação de
Hugo José de Oliveira Zoffoli

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Engenharia Agrícola e Ambiental**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Área de Concentração em Meio Ambiente.

Seropédica, RJ
Agosto de 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PM433V Pereira de Matos, Dayene, 1989-
 Valoração da Contaminação de Água e Solo em Postos
de Combustíveis no Estado do Rio de Janeiro: Estudos
de Caso com o Uso do Método DEPRN / Dayene Pereira de
Matos. - Seropédica, 2019.
 65 f.

 Orientador: Everaldo Zonta.
 Coorientador: Hugo José Oliveira Zoffoli.
 Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola e Ambiental, 2019.

 1. Valoração de dano ambiental. 2. Contaminação. 3.
Água subterrânea. I. Zonta, Everaldo, 1970-, orient.
II. Oliveira Zoffoli, Hugo José, -, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e
Ambiental. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

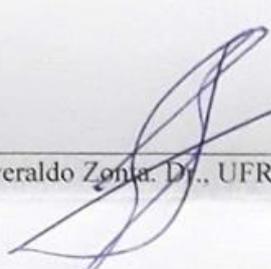
This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE
TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

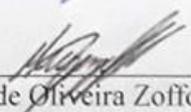
DAYENE PEREIRA DE MATOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Engenharia Agrícola e Ambiental**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de Concentração em Meio Ambiente.

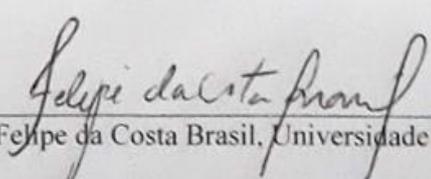
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19 DE AGOSTO DE 2019



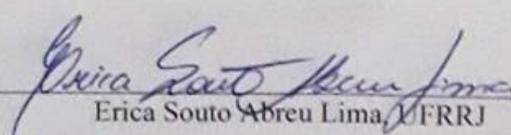
Everaldo Zonta, Dr., UFRRJ (Orientador)



Hugo José de Oliveira Zoffoli, Dr. INEA (Coorientador)



Felipe da Costa Brasil, Universidade Veiga de Almeida



Erica Souto Abreu Lima, UFRRJ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, pois sem Ele não seria possível chegar até aqui, e à minha família, por todo o apoio e incentivo e por não me deixarem desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui. Agradeço aos meus pais Roberto e Sueli, minha irmã Suelen, minha sobrinha Natalie, meu cunhado Leandro e meus tios Sandra e Oseas, por todo apoio, por cada oração e cada palavra de incentivo. Cada gesto foi essencial nessa caminhada.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Everaldo Zonta, por toda dedicação, paciência e disposição em me ajudar, por todo o apoio que me deu quando precisei e por tudo que me ensinou.

Agradeço ao meu coorientador, Doutor Hugo Zoffoli, por todas as dicas, disponibilização de informações e por tudo que aprendi.

Agradeço aos Professores Leonardo Duarte e Alexandre Lioi, da PGEAAmb, por me inspirarem e incentivarem a me inscrever para este mestrado.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio.

Agradeço a todos meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado me apoiando nesse tempo.

RESUMO

MATOS, Dayene Pereira. **Valoração da Contaminação de Água e Solo em Postos de Combustíveis no Estado do Rio de Janeiro: Estudos de Caso com o Uso do Método DEPRN**. 2019. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

A poluição e contaminação do solo e água subterrânea, provocadas principalmente por postos de combustível, tem crescido desenfreadamente e, no Estado do Rio de Janeiro, esses postos são considerados a principal fonte de contaminação do solo e água. Dentro deste cenário, este trabalho tem como objetivo valorar o dano ambiental causado por três postos de combustíveis, no estado do Rio de Janeiro, a partir de dados coletados em seus respectivos processos administrativos, fornecidos pelo INEA. A metodologia de valoração adotada e discutida foi a do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN), que apresenta aplicação bastante simples e consiste basicamente no uso de uma tabela e de um quadro e, além disso, foi possível utilizar as informações contidas nos processos administrativos de licenciamento ambiental, facilitando assim a aplicação do método. A partir do resultado obtido para cada posto, observou-se que os postos localizados dentro de áreas de proteção ambiental apresentaram um valor 33,3 % maior que o posto que não se situa dentro de área de proteção ambiental. Sendo assim, na aplicação do método escolhido, o agravamento “Localização” é de grande relevância para os cálculos da indenização do dano ambiental causado. Desta forma, pode-se concluir que o método DEPRN pode ser aplicado na valoração de áreas contaminadas por postos de combustíveis e pode até constituir um instrumento de gestão econômica a ser utilizado pelos órgãos ambientais para auxiliar no gerenciamento de áreas contaminadas.

Palavras-chave: contaminação; hidrocarbonetos de petróleo; água subterrânea; área degradada; remediação; poluição.

ABSTRACT

MATOS, Dayene Pereira. **Valuation of Water and Soil Contamination in Gas Stations in Rio de Janeiro State: Case Studies Using the DEPRN Method**. 2019. 65p. Dissertation (Master of Science). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Pollution and contamination of soil and groundwater, mainly caused by gas stations, have been growing fast and, in Rio de Janeiro, these stations are considered the main source of soil and water contamination. So this work aims to assess the environmental damage caused by three gas stations in Rio de Janeiro, based on data collected in their respective administrative processes, provided by INEA. The valuation methodology adopted and discussed was that of the State Department of Natural Resources Protection (DEPRN), which has a very simple application and basically consists of the use of a table and a chart and, in addition, it was possible to use the information contained in the administrative procedures for environmental licensing, thus facilitating the application of the method. From the result obtained for each post, it was observed that the posts located within environmental protection areas had a value 33.3% higher than the post that is not within the environmental protection area. Thus, in the application of the chosen method, the “Location” grievance is of great relevance to the calculation of compensation for environmental damage caused. Thus, it can be concluded that the DEPRN method can be applied in the valuation of areas contaminated by gas stations and may even constitute an economic management tool to be used by environmental agencies to assist in the management of contaminated areas.

Keywords: contamination; petroleum hydrocarbons; underground water; degraded area; remediation; pollution.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS.....	5
2.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	9
2.2 CONTAMINAÇÃO POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	11
2.3 VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL.....	14
2.4 MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL	15
2.4.1 Método da Produtividade Marginal (MPM) ou Método Dose-Resposta (MDR)..	16
2.4.2 Método de Preços Hedônicos (MPH)	17
2.4.3 Método dos Custos de Viagem – MCV	17
2.4.4 Método de Valoração Contingente (MVC).....	18
2.4.5 Método de Mercado de Bens Substitutos - MMBS	19
2.4.6 Método de Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)	19
2.4.7 Método do Valor da Compensação Ambiental (VCP)	20
2.4.8 Método da Análise do Habitat Equivalente.....	20
2.4.9 Método do DEPRN.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 ESTUDO DE CASO – PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE 3 POSTOS DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS.....	26
3.2 LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5. CONCLUSÕES.....	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	43
8. ANEXOS	49

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial vem ocorrendo de maneira desordenada e sem os devidos cuidados ambientais. A importância da proteção ao meio ambiente, abrangendo seus componentes abióticos (ar, solo/subsolo e águas subterrâneas/superficiais) e bióticos tem sido cada vez mais discutido, devido à existência de contaminantes gerados a partir de atividades antrópicas, sejam eles provenientes da disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos (efluentes) domiciliares e urbanos, industriais e agrícolas ou estéreis e rejeitos de mineração. Outras fontes compreendem os derrames e vazamentos de combustíveis orgânicos (derivados de petróleo), sendo essa a maior fonte de contaminação do solo e de águas subterrâneas (SILVA, 2002).

Os contaminantes por meio de sua mobilização no meio ambiente, por processos naturais e/ou decorrentes de atividades industriais e comerciais, atingem os solos e, muitas vezes, alcançam as águas subterrâneas, comprometendo reservas deste importante bem natural e, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007), do total de água doce disponível para consumo, descontando-se aquela presente nas calotas polares, geleiras e neves eternas (que cobrem os cumes das montanhas), as águas subterrâneas representam um total de 96%, por isso, é de extrema importância o conhecimento dos principais contaminantes do solo e avaliação da área contaminada para remediação adequada.

Dentre as principais fontes de contaminação dos solos e águas subterrâneas estão os postos de combustíveis, portanto, estes devem ser devidamente licenciados e monitorados pelo órgão ambiental. A revenda de combustíveis e lubrificantes deve ser realizada sem que a atividade coloque em risco o meio ambiente, através da adoção de medidas de controle tais como a instalação de equipamentos adequados e procedimentos operacionais corretos. O licenciamento existe para que todos os proprietários sigam padrões de segurança e de controle ambiental preestabelecidos em normas técnicas e legislação federal e estadual, visando boas práticas ambientais e garantindo a segurança de funcionários, usuários, vizinhança e aos recursos naturais (INEA, 2014).

De acordo com Correia (2015), o desenvolvimento sustentável surge então como uma maneira de minimizar os abusos do crescimento desordenado, buscando integrar uma relação entre o desenvolvimento e a preservação dos recursos naturais, através do seu uso sustentável, possibilitando assim o acesso destes às futuras gerações. Para isso, o uso de instrumentos econômicos na gestão da conservação dos recursos naturais torna-se importante ferramenta em busca da sustentabilidade.

Desta forma, a estimação e compreensão do valor econômico dos recursos naturais visando garantir estes para futuras gerações devem ser projetados de acordo com a capacidade de suporte e resiliência do meio ambiente, de modo que se crie condições para que os agentes econômicos internalizem os custos da degradação em suas rotinas obrigatórias, poderá gerar mais incentivos para o uso racional de bens e serviços. Isto pode ser feito, ao se agregar valor monetário aos recursos naturais utilizando um dos métodos de valoração dos recursos naturais, permitindo a avaliação econômica do meio ambiente.

Contudo, obter valores significativos para os bens e serviços oriundos dos ecossistemas não é uma tarefa fácil, principalmente por não existir mercado formal. Porém, embora existam dificuldades associadas aos procedimentos, o uso de técnicas de valoração ambiental tem aumentado, pois, oferecem vantagens e facilitam a quantificação e integração dos serviços ecossistêmicos à tomada de decisão pelos gestores, além de ser importante para o desenvolvimento sustentável da sociedade (LOPES; FREIRE, 2014).

A literatura sugere vários métodos de valoração capazes de estabelecer uma conexão entre a provisão dos recursos naturais e a estimativa econômica de seus benefícios. Em meio a esta

variedade, os métodos apresentam eficiências específicas conforme o objeto a ser valorado, porém a maior dificuldade comum a todos está na estimação de valores relacionados à existência do recurso ambiental, não levando em consideração a utilidade futura ou atual (LOPES; FREIRE, 2014). Cada método de valoração possui suas limitações para obter diferentes tipos de valores do recurso ambiental. A alternativa mais adequada deve considerar o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo. No processo de análise devem estar claras as limitações metodológicas, e as conclusões restritas às informações disponíveis (RIBEIRO, 2009).

De acordo com Ribeiro (2009), ainda não há um consenso quanto à eficiência de um método em relação ao outro, mesmo porque não há como precisar o real preço de um bem ou serviço ambiental. Cada método apresenta uma eficiência específica para determinados casos. É importante estudarmos os métodos, pois além de dimensionar os impactos ambientais internalizando-os à economia, também refletem os custos e benefícios da expansão econômica, dentro dos limites atuais do estado da arte.

Estudos dessa natureza são de suma importância, pois a valoração econômica dos ativos ambientais possibilita, o direcionamento de verbas para atividades que proporcionam um maior benefício à população, otimizando assim a alocação de recursos públicos. Neste sentido, os valores obtidos para esses bens permitem que seja gerada uma contrapartida aos gastos orçamentários com as unidades de conservação de forma a justificar tal valor a sociedade, onde dado um orçamento limitado, esses valores permitem indicar prioridades de investimentos e manutenção entre unidades de conservação como forma de maximizar o bem estar gerado por seus serviços ambientais a sociedade (MOTTA, 1997; ORTIZ 2003).

Portanto, este trabalho tem por objetivo geral valorar, através do método de valoração selecionado, o dano ambiental causado por três postos de combustíveis, no estado do Rio de Janeiro, a partir de dados coletados em seus respectivos processos administrativos, fornecidos pelo INEA. E, como objetivos específicos, apresentar fundamentos teóricos de métodos de valoração ambiental e, com isso, através de uma revisão de literatura, selecionar um método para aplicação.

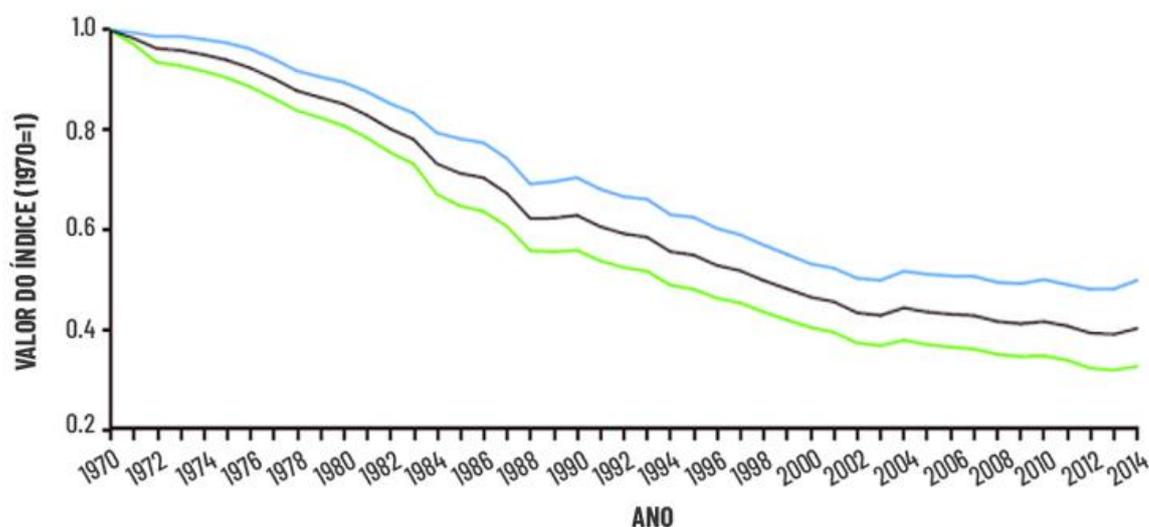
2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com a ONU, é necessário que ocorra uma mudança na postura em relação aos problemas ambientais e, caso isso não seja feito, daqui a alguns anos os acordos que propõem a melhora das condições do planeta não serão cumpridos e, mais que isso, a sobrevivência na Terra se tornará insustentável (YAMASAKI, 2019).

As consequências da má utilização dos recursos naturais são inúmeras, entre elas tem-se o derretimento do gelo contido no Oceano Ártico. O relatório da ONU menciona a elevação das temperaturas na superfície polar como a causa do fenômeno e ainda aponta como decorrência dele a alteração dos padrões climáticos, uma vez que o aumento dos níveis oceânicos pode interferir na dinâmica das correntes marinhas, sendo assim, serão afetados pela transformação do clima os animais vertebrados, inclusive os terrestres (YAMASAKI, 2019).

Conforme Figura 1 pode-se observar uma diminuição significativa no índice global da vida no planeta e essa redução envolve outros fatores, como o desmatamento e a caça. A partir dessa informação, é possível notar como os vários ecossistemas estão conectados e, assim, o ser humano também acaba se tornando vítima de suas próprias ações, seja de um modo direto ou indireto (YAMASAKI, 2019).

Índice global da vida no planeta



Nota: A linha central mostra os valores do índice, indicando um declínio de 60% entre 1970 e 2014, e as linhas superior e inferior representam os 95% de limites de confiança em torno da tendência. Esta é a variação média no tamanho da população de 4.005 espécies de vertebrados, com base em dados de 16.704 séries de habitats terrestres, de água doce e marinhos.

Fonte: World Wide Fund for Nature and Zoological Society of London (2018)

Figura 1 – Índice global da vida no planeta. Fonte: Yamasaki (2019) apud World Wide Fund for Nature and Zoological Society of London (2018).

Além disso, segundo o relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, cerca de 25% dos solos do planeta estão degradados. A degradação e o crescimento da escassez dos recursos do solo e da água colocam em risco vários sistemas essenciais de produção alimentar no mundo e, com isso, determinam um novo desafio à tarefa de alimentar uma população mundial que deve chegar a 9 bilhões de pessoas em 2050 (ONU, 2011).

De acordo com o Estado dos Recursos Solo e Água no Mundo para a Alimentação e Agricultura (SOLAW), nos últimos 50 anos tem ocorrido um crescimento notável na produção alimentar porém, “em muitos locais, essas conquistas têm sido associadas a práticas de gestão que têm degradado os sistemas solo e água, sobre os quais a produção alimentar depende” (ONU, 2011).

O estudo também aponta que 8% dos solos estão moderadamente degradados, 36% estão estáveis ou levemente degradados e 10% estão classificados como “em recuperação”. O restante da superfície terrestre do planeta está descoberta (cerca de 18%) ou coberta por massas de água interiores (cerca de 2%). Os dados incluem todos os tipos de terras. A definição de degradação da FAO vai além do solo e degradação da água, abrange também vários outros aspectos dos ecossistemas atingidos, como a perda de biodiversidade (ONU, 2011).

Amplas extensões de terra em todos os continentes são alvos, com uma incidência particularmente alta ao longo da costa oeste das Américas, na região mediterrânea do sul da Europa e Norte da África, no Sahel, no chamado Chifre da África (no nordeste do continente africano) e em várias partes da Ásia. A maior ameaça é a perda de qualidade do solo, seguido

da perda de biodiversidade e do esgotamento dos recursos hídricos. Cerca de 1,6 bilhão de hectares dos mais produtivos solos do mundo são utilizados para o cultivo. Partes destas áreas estão sendo degradadas por conta das práticas agrícolas que acarretam erosão hídrica e eólica, perda de matéria orgânica, compactação do solo superficial, salinização e poluição do solo e perda de nutrientes (ONU, 2011).

No Brasil, a discussão sobre recuperação dos solos está diretamente ligada à estratégia de enfrentamento das mudanças climáticas. Em 2012, o governo federal lançou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura - Plano ABC -, com o objetivo de planejar e investir em ações para a adoção de tecnologias de produção sustentáveis e para responder ao compromisso de diminuição de emissão de gases do efeito estufa no setor agropecuário (CRESTANA, 2015).

O Plano apresenta metas ambiciosas, como diminuir em 80% a taxa de desmatamento na Amazônia e em 40% no Cerrado; aumentar a eficiência energética e diversificar suas fontes; promover a integração lavoura-pecuária; ampliar o uso do Sistema Plantio Direto e da Fixação Biológica de Nitrogênio; e adotar intensivamente na agricultura a recuperação de pastagens degradadas, entre outros (CRESTANA, 2015).

Na atual circunstância, em que a conservação e a recuperação da água e do solo passam a receber investimentos, torna-se bom campo de atuação a produtores rurais e profissionais especializados. Neste caminho, além do governo, a academia e entidades de pesquisa poderão trazer grandes contribuições (CRESTANA, 2015).

Em São Paulo, a atividade responsável pela maior quantidade de área contaminada é a dos postos de combustíveis. A Figura 2, a seguir, apresenta a distribuição das áreas cadastradas por tipo de atividade potencialmente geradora de área contaminada. Os postos de combustíveis representam 72%, com 4.384 registros, seguidos das atividades industriais com 1.158 (19%), das atividades comerciais com 317 (5%), das instalações para destinação de resíduos com 197 (3%) e dos casos de acidentes, agricultura e fonte de contaminação de origem desconhecida com 54 (1%). A contribuição de 72% do número total de áreas registradas atribuída aos postos de combustíveis é resultado do desenvolvimento do programa de licenciamento, que vem sendo conduzido pela CETESB desde 2001, com a publicação da Resolução CONAMA No 273, de 2000 (CETESB, 2018).

Áreas Cadastradas
Distribuição por atividade - dezembro de 2018

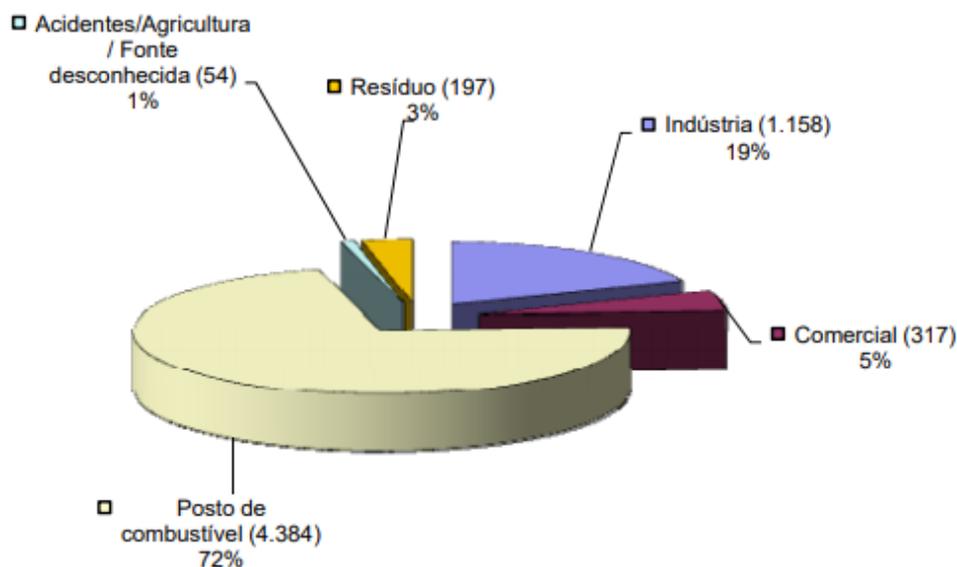


Figura 2 - Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo. Fonte: CETESB (2018).

No Estado do Rio de Janeiro, de acordo com o INEA (2014), 56% das áreas contaminadas no Estado do Rio de Janeiro, são provenientes de postos de combustíveis. A Figura 3 apresenta a distribuição de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado do Rio de Janeiro, considerando o tipo de atividade (posto de combustíveis, indústria, aterro de resíduos e viação de ônibus).

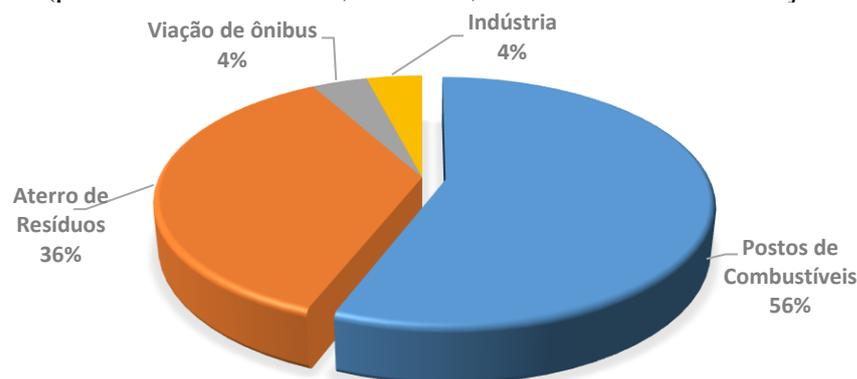


Figura 3 - Distribuição das áreas contaminadas e reabilitadas por atividades. Fonte: Adaptado de INEA (2014).

2.1 Gerenciamento de Áreas Contaminadas

No Brasil, o gerenciamento de áreas contaminadas é regulamentado pela Resolução CONAMA nº420, de 2009. Segundo a Resolução, os órgãos ambientais necessitam estabelecer metodologias para gerenciamento de áreas contaminadas que considerem as etapas de

identificação, diagnóstico e intervenção de áreas contaminadas. Alinhando os procedimentos estabelecidos pela CETESB (CETESB, 2001), com as propostas da resolução CONAMA e com a norma técnica ABNT NBR 15515 (2007), as fases de uma investigação ambiental buscam obter direções técnicas e procedimentos para a identificação e avaliação de indícios de contaminação em áreas, cujas atividades potencialmente poluidoras podem ter gerado algum dano ao meio ambiente. Esse processo divide-se em avaliação preliminar, investigação confirmatória e investigação detalhada (TEIXEIRA, 2013).

A Figura 4 apresenta o fluxograma das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas, definido pela Resolução.

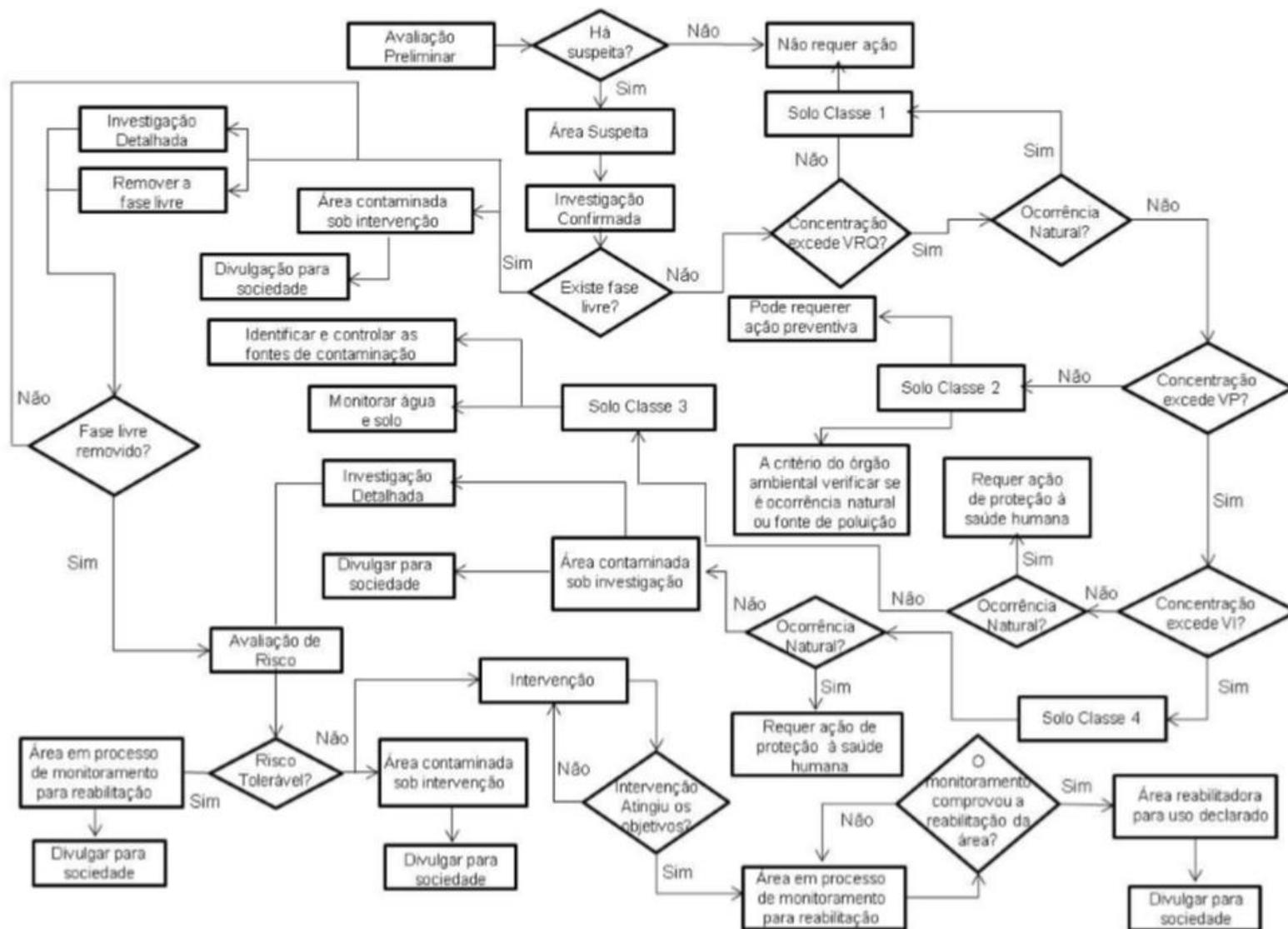


Figura 4 - Fluxograma das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas. Fonte: CONAMA (2009).

A ABNT NBR 15515 - “Passivo Ambiental em solo e água subterrânea” – estabelece procedimentos mínimos para a avaliação de passivos ambientais, visando a identificação de indícios e contaminação de solo e água, e normatiza, em suas partes 1, 2 e 3, respectivamente, as formas de realização de Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada. Na Figura 5 é apresentado o fluxograma com o avanço das etapas.

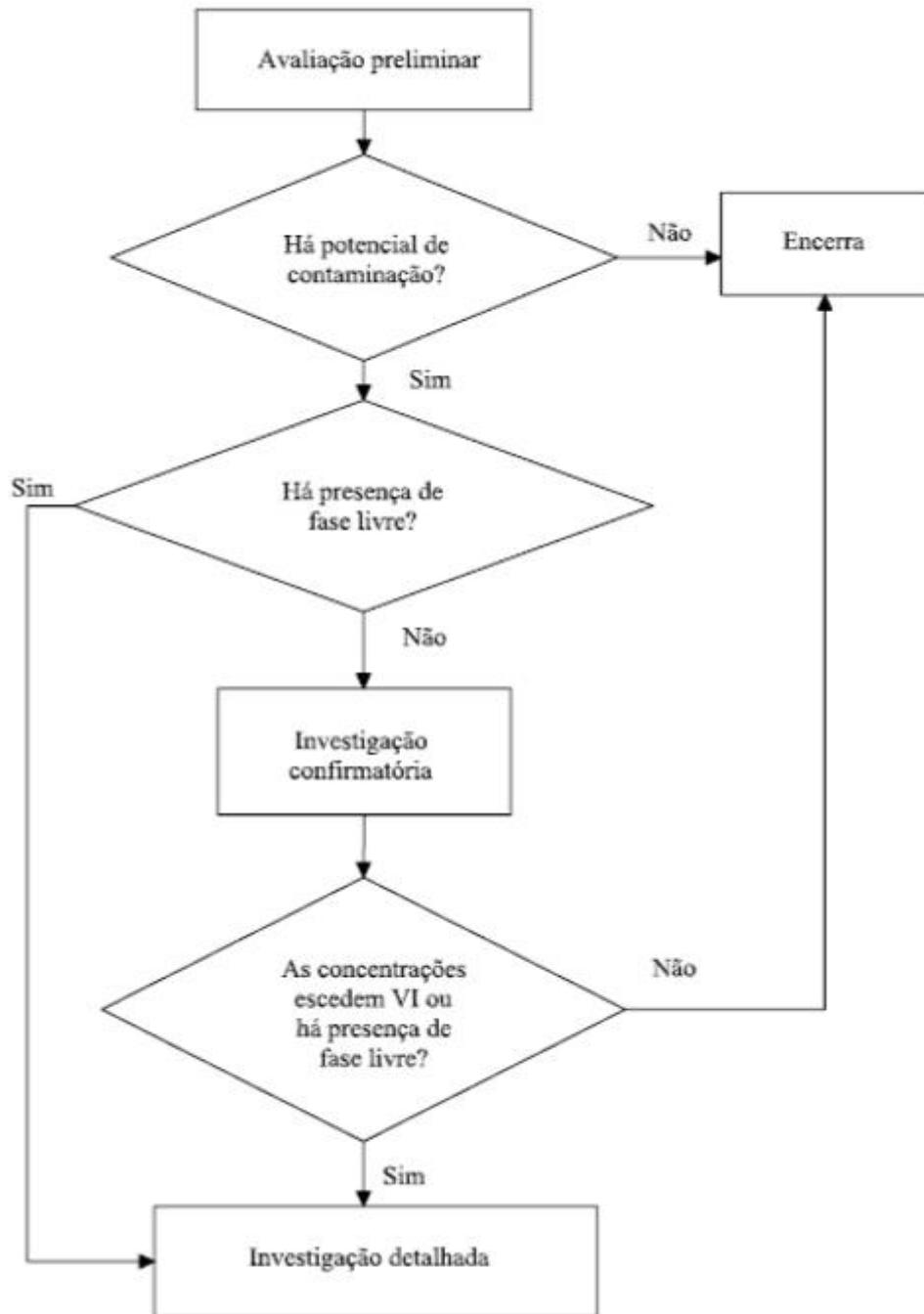


Figura 5 - Fluxograma das etapas de avaliação de passivo ambiental. Fonte: ABNT (2011).

A avaliação preliminar é a realização de um diagnóstico inicial, mediante coleta de dados existentes e realização de inspeção de reconhecimento da área (ABNT, 2011). Nesta etapa são identificadas as situações ambientais de uso presente e pretérito associadas com a área

objeto de análise e propriedades vizinhas, que possam representar passivos ambientais potenciais para o meio em que se inserem. Esta avaliação é fundamental na determinação do potencial de contaminação de solo e águas subterrâneas e no modelo conceitual inicial de uma eventual sequência de investigações (TEIXEIRA, 2013).

Após serem identificados os indícios de contaminação, a área analisada passa a ser denominada de área potencialmente contaminada e, com isso, a próxima etapa a ser realizada é a de investigação confirmatória, que corresponde à etapa do processo de avaliação de passivo ambiental, com o objetivo de verificar a existência ou a ausência de contaminação na área objeto de estudo (ABNT, 2011). Nesta fase, são realizadas perfurações e sondagens, com caracterização do subsolo e determinação de sua permeabilidade; determinação da profundidade do nível d'água; confecção de mapa potenciométrico; e análise química do solo e das águas subterrâneas (TEIXEIRA, 2013).

Após a confirmação da contaminação da área analisada, é necessário realizar a etapa de investigação detalhada, que tem como objetivo a delimitação das plumas de contaminação observadas e um estudo de Análise de Risco (TEIXEIRA, 2013).

2.2 Licenciamento Ambiental de Postos de Combustíveis no Estado do Rio de Janeiro

O armazenamento e a revenda de combustíveis e lubrificantes devem ser realizados sem que a atividade coloque em risco o meio ambiente, através da adoção de medidas de controle tais como a instalação de equipamentos adequados e procedimentos operacionais corretos.

Para desenvolver suas atividades, o empreendedor deve obter as licenças ambientais por meio de um procedimento administrativo denominado Licenciamento Ambiental, o qual é realizado junto a uma instituição pública habilitada como Órgão Ambiental nos termos da legislação vigente. Tais licenças são necessárias para instalar e operar seu empreendimento com segurança para o meio ambiente e sem risco de sofrer sanções legais devido ao não cumprimento das leis. O licenciamento existe, portanto, para que todos os proprietários sigam padrões de segurança e de controle ambiental preestabelecidos em normas técnicas e legislação federal e estadual, visando boas práticas ambientais e garantindo a segurança de funcionários, usuários e vizinhança (INEA, 2014).

A classificação para fins de enquadramento quanto a exigibilidade de requerimento de Licenciamento Ambiental no Estado do Rio de Janeiro é definida de acordo com seu porte e potencial poluidor, observando-se o disposto no Decreto Estadual 44820/2014 conforme tabela 1. O porte é estabelecido a partir de parâmetros que qualificam a atividade ou o empreendimento como de porte mínimo, pequeno, médio, grande ou excepcional. O potencial poluidor é estabelecido a partir de parâmetros que qualificam a atividade ou o empreendimento como de potencial poluidor insignificante, baixo, médio ou alto.

Tabela 1 - Classificação dos empreendimentos/atividades. Fonte: Decreto 44.820/2014.

PORTE	POTENCIAL POLUIDOR			
	Insignificante	Baixo	Médio	Alto
Mínimo	Classe 1A Impacto Insignificante	Classe 2A Baixo Impacto	Classe 2B Baixo Impacto	Classe 3 ^a Médio Impacto
Pequeno	Classe 1B Impacto Insignificante	Classe 2C Baixo Impacto	Classe 3B Baixo Impacto	Classe 4 ^a Médio Impacto
Médio	Classe 2D Baixo Impacto	Classe 2E Baixo Impacto	Classe 4B Médio Impacto	Classe 5 ^a Alto Impacto

Grande	Classe 2F Baixo Impacto	Classe 3C Médio Impacto	Classe 5B Alto Impacto	Classe 6 ^a Alto Impacto
Excepcional	Classe 3D Baixo Impacto	Classe 4C Médio Impacto	Classe 6B Alto Impacto	Classe 6C Alto Impacto

No caso específico de postos de abastecimento de combustíveis no Estado do Rio de Janeiro, para o enquadramento do Porte e Potencial Poluidor, devem ser observados os critérios estabelecidos por meio das Resoluções INEA 52 e 53, nas quais ficou fixado como sendo o Potencial Poluidor sempre Baixo para esta tipologia de empreendimento, enquanto o Porte fica definido com base na área de produção e armazenamento e no número de funcionários.

Com a fixação de um Potencial Poluidor como Baixo, no Estado do Rio de Janeiro entende-se que todos os empreendimentos desta natureza devem ser passíveis de licenciamento ambiental, independente do seu porte, das condições do ambiente e do seu entorno. Assim, no desenrolar do processo de licenciamento, o Órgão Ambiental competente deverá apurar as especificidades do ambiente e do empreendimento para que sejam definidas medidas de controle ambiental para os impactos prováveis.

Dentre os procedimentos e equipamentos utilizados como medidas de controle ambiental estão aqueles descritos em normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com destaque para a NBR 13.786/2005. Essa norma especifica que em função do ambiente em torno do empreendimento, este será classificado (Tabela 2) em quatro classes distintas (classes 0, I, II, III) e serão adotados equipamentos específicos para a prevenção de contaminação de solo e água oriundos de derramamentos/vazamentos acidentais, com maior ou menor rigor em função da classificação do empreendimento.

A classificação da ABNT é definida pela análise do ambiente do posto de serviço e do seu entorno, até uma distância de 100 m do seu perímetro. Identificado o fator de agravamento neste ambiente, o posto de serviço deve ser classificado no nível mais alto, mesmo que haja apenas um fator desta classe. Essa análise permite a seleção dos equipamentos e sistemas a serem utilizados pelo Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC).

Tabela 2 – Classificação dos postos pela NBR 13.786/2005 de acordo com a presença dos itens de referência. Fonte: ABNT (2005).

Classificação de postos estabelecida pela NBR 13.786/2005 (ABNT)
Posto Classe 0
Quando não possuir nenhum dos fatores de agravamento das classes seguintes.
Posto Classe 1*
Rede de drenagem de águas pluviais; Rede subterrânea de serviços (água, esgoto, telefone, energia elétrica etc.); Fossa em áreas urbanas; Habitações multifamiliares com até quatro andares.
Posto Classe 2*
Habitações multifamiliares com mais de quatro andares; Favelas em cota igual ou superior à do posto; Centro comercial com quatro ou mais pavimentos; Escolas; Asilos; Poços de abastecimento d'água (artesianos ou não) para consumo doméstico; Casas de espetáculos ou templos religiosos; Postos de saúde, clínicas ou hospitais.
Posto Classe 3*

Garagens ou túneis, em cota inferior à do solo;
Metrô em cota inferior à do solo;
Indústrias e operações de risco**;
Água de subsolo utilizada para consumo público da cidade;
Favelas em cota inferior à do posto;
Unidades de conservação existentes;
Edificação residencial, comercial ou industrial construída em cota inferior à do solo;
Corpos naturais superficiais de água rios destinados a:
Abastecimento doméstico;
Proteção de comunidades aquáticas;
Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
Irrigação;
Criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana (conforme
Resolução Conama nº 357/2005).

* A presença de apenas um item é suficiente para a classificação.

**Entende-se como atividades e operações de risco o armazenamento e manuseio de explosivos, bem como a carga e descarga de inflamáveis líquidos (base e terminal).

No estado do Rio de Janeiro, durante a etapa de licenciamento ambiental, devem ser observadas as condições de contaminação do solo e água subterrânea por substâncias de interesses, conforme o disposto na Resolução CONEMA 44/2012. Nesta abordagem o Órgão Ambiental competente solicitará uma série de estudos e avaliações, como Avaliação Preliminar, Avaliação Confirmatória, Avaliação Detalhada, Análise de Risco à Saúde Humana, para que então, caso necessário, se providencie o gerenciamento das áreas contaminadas, o qual poderá ser realizado, inclusive, concomitante ao funcionamento do empreendimento, sendo nestes casos emitida uma Licença Ambiental de Operação e Recuperação – LOR. Em casos extremos quando existir a inviabilidade de atividade no local, ou ainda, quando não existir atividade e a área estiver abandonada, será admitida somente a recuperação da área, sendo mediada por uma Licença Ambiental de Recuperação – LAR, conforme o estabelecido no Decreto Estadual 44820/2014.

Com a atualização do Sistema de Licenciamento Ambiental, instituído pelo Decreto Estadual nº 42.159, de 2 de dezembro de 2009, que foi revogado pelo Decreto Estadual nº 44.820, de 2 de junho de 2014, no qual é introduzido um novo instrumento, o Termo de Encerramento (TE), que facilita o controle do órgão ambiental sobre essas áreas contaminadas. O TE consiste em um ato administrativo mediante o qual o órgão ambiental atesta a inexistência de passivo ambiental que represente risco ao ambiente ou à saúde da população, quando do encerramento de determinado empreendimento ou atividade, após a conclusão do procedimento de recuperação mediante LAR, quando couber, estabelecendo as restrições de uso da área, e nos casos onde seja necessário estabelecer o prazo para o encerramento de atividades e empreendimentos, onde a Licença de Operação não será concedida. As atividades obrigadas a requerer o Termo de Encerramento são as previstas na Resolução CONEMA nº 02/2008.

2.2 Contaminação por Postos de Combustíveis

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em dezembro de 2009, através da RESOLUÇÃO Nº 420, que estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas, recomendou que os órgãos ambientais competentes dessem publicidade, sobretudo em seus portais institucionais na rede mundial de computadores, às informações sobre áreas contaminadas identificadas e suas principais características.

A seguir, é apresentada a classificação da área conforme Resolução CONAMA nº 420/2009:

AS – Área Suspeita de Contaminação – aquela área em que, após a realização de uma avaliação preliminar, forem observados indícios da presença de contaminação ou identificadas condições que possam representar perigo.

AI – Área Contaminada sob Investigação – área em que comprovadamente for constatada, mediante investigação confirmatória, a contaminação com concentrações de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação.

ACI – Área Contaminada sob Intervenção – área em que for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou for comprovada, após investigação detalhada e avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana.

AMR – Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação – área em que o risco for considerado tolerável, após a execução de avaliação de risco.

AR – Área Reabilitada para o Uso Declarado – área que, após período de monitoramento, definido pelo órgão ambiental competente, foi confirmada a eliminação do perigo ou a redução dos riscos a níveis toleráveis.

Essa classificação da área, além de apresentar informações sobre a urgência e os objetivos da tratativa em relação à proteção da saúde humana, minimiza custos pois é possível prever quanto à configuração do quadro ambiental, anteriormente à implementação de investigação detalhada e avaliação de risco específica.

Na Figura 6 é apresentado o resumo das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.

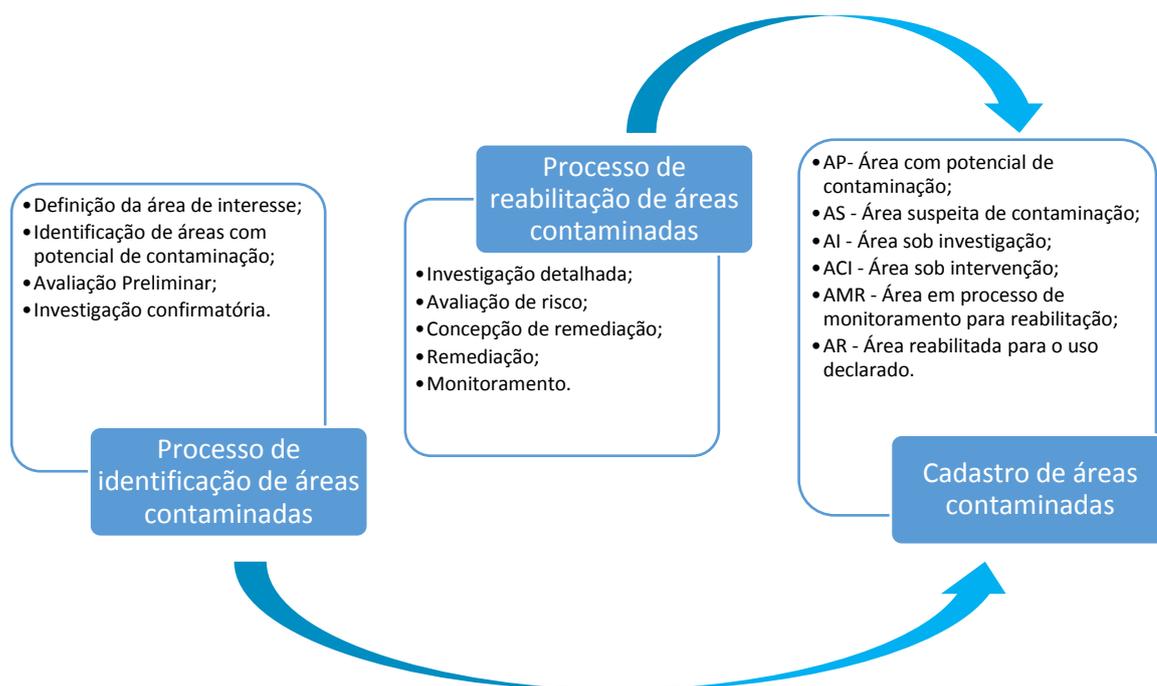


Figura 6 - Fluxograma com resumo das etapas do gerenciamento de área contaminada. Fonte: Adaptado de IPT (2014)

Na primeira etapa são identificadas as áreas suspeitas de contaminação (AS) com base no estudo da avaliação preliminar e, caso apresentem indícios de contaminação ou condições que representem perigo, deverá, em seguida, ser realizado o estudo de investigação confirmatória. A partir da Investigação Confirmatória a área de interesse poderá ser classificada como contaminada sob investigação (AI), quando for confirmada a presença de concentrações no solo e ou nas águas subterrâneas das substâncias químicas de interesse acima dos valores de

investigação. Caso a contaminação não seja confirmada, a área será classificada como Área com Potencial de Contaminação (AP).

A área classificada como AI, deverá passar pela fase de reabilitação. Nesta etapa é realizado um estudo de investigação detalhada, onde são obtidos dados detalhados sobre o uso da área e adjacências, processo produtivo, meio físico e contaminação, com objetivo de estabelecer o entendimento da distribuição e mapeamento espacial da contaminação, bem como sua dinâmica no meio físico. A investigação detalhada também auxiliará o estudo de avaliação de risco à saúde humana. Ao fim dessa etapa, quando for constatada a existência de risco à saúde humana a área será classificada como Área Contaminada sob Intervenção (ACI), caso o risco não seja constatado a área será classificada como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação (AMR).

Após a avaliação de risco, ainda na fase de reabilitação da área, deve ser desenvolvido o plano de intervenção, onde são estabelecidas as medidas de intervenção a serem aplicadas na área de interesse. Estas medidas podem ser de contenção e controle do tipo institucional (MI) ou de engenharia (ME) ou de redução de massa de contaminante do tipo remediação (MR). Também devem ser consideradas as medidas de monitoramento (MM) para que se avalie o desempenho das medidas de intervenção, considerando o uso atual e futuro da área. Ao fim do processo, quando o risco for considerado tolerável, a área deverá ser classificada como Área Reabilitada para uso declarado (AR).

A Figura 7 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e reabilitadas no Estado do Rio de Janeiro, considerando a sua classificação conforme Resolução Conama 420/2009, da qual destaca-se o baixo status de áreas reabilitadas, comparadas aquelas contaminadas. Também é possível observar no Mapa do Controle de Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro (ANEXO A), além das áreas contaminadas, a atividade exercida em cada área e a hidrografia.

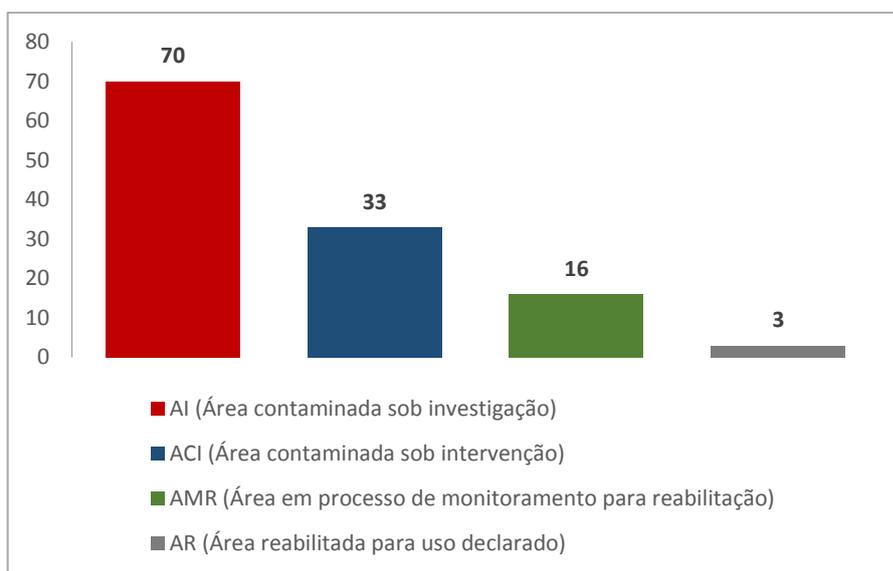


Figura 7 - Número de áreas contaminadas por postos de combustível e reabilitadas no Estado do Rio de Janeiro conforme Resolução CONAMA 420/2009. Adaptado de INEA (2014).

A instalação de postos de combustíveis deve obedecer às condições estabelecidas na Resolução 273/2000 do CONAMA. Essa instalação deve ser planejada e executada de forma adequada, pois a falta de conhecimento das características geológicas, geotécnicas e a má execução da instalação pode aumentar o risco de contaminação associada a vazamentos. No

Brasil existem aproximadamente 35 mil postos de combustível, onde a maioria foi construída na década de 70. Considerando que os tanques subterrâneos de combustível têm vida útil de 25 anos, supõe-se que estes estejam comprometidos (CONAMA, 2000).

A gasolina e o óleo diesel são combustíveis encontrados em quase totalidade dos postos de abastecimento no Brasil, sendo estes uma mistura complexa de hidrocarbonetos, que apresentam em sua composição uma série de compostos potencialmente tóxicos. Destacam-se entre os constituintes da gasolina e do óleo diesel compostos denominados BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) encontrados em concentrações variáveis em função da sua origem (SILVA et al. 2009; FERREIRA et al. 2008)

A contaminação do solo e das águas subterrâneas por hidrocarbonetos derivados de combustíveis líquidos, como gasolina e óleo diesel, acontece da seguinte forma, como esses produtos são mais densos que a água, seguem o comportamento do NAPL (Non Aqueous Phase Liquid – Fase Líquida Não Aquosa), caracterizada por duas regiões na subsuperfície, a área da fonte (LNAPL puro) e uma pluma de contaminação, aonde os contaminantes orgânicos hidrofóbicos (COHs) vão se espalhar na franja capilar da zona saturada, enquanto a fração dissolvida é transportada com o fluxo da água subterrânea. A partir desse derramamento de NAPL no solo, o produto segue para baixo através da zona não saturada do subsolo, causando a formação de gânglios no líquido, estes ficam retidos nos poros do solo, criando a fase residual. Se os NAPLs do resíduo se depositam na franja capilar, quando em presença de DNAPLs (Dense Non Aqueous Liquids) que possuem densidade maior que a da água, o produto continua a migrar para baixo, desta vez pela zona saturada. Esse processo persiste até que toda a sua massa seja distribuída como fase residual, ou que o produto encontre uma camada impermeável, formando uma fase livre (FOGAÇA, 2014).

A priori, o processo de concentração do contaminante se inicia com a infiltração do NAPL na zona insaturada da subsuperfície pela força gravitacional e de capilaridade, a migração no topo da franja capilar e a expansão do NAPL no lençol freático (pluma de contaminação), dissolução do NAPL na água, o transporte da água subterrânea em direção a jusante e as perdas por vaporização, absorção e biodegradação. (POWERS et al, 2001).

Algumas técnicas vêm sendo adotadas para remediação de solos e águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos, são elas: biorremediação, fitorremediação, bombeamento e tratamento, extração de vapores de solo (SVE), extração multifásica (MPE), air stripping, processo oxidativo avançado, barreiras reativas permeáveis, entre outras técnicas que vem sendo desenvolvidas. A remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos, podem demorar décadas até atingir uma condição tolerável para determinada ocupação e ainda assim, mesmo após a remediação da área contaminada, esta não terá mais suas características originais, remanescendo um passivo ambiental.

2.3 Valoração Econômica Ambiental

Segundo Constantino *et al.* (2018), a valoração ambiental é um conjunto de métodos e técnicas que buscam atribuir valor a um ativo ambiental ou serviços ambientais oferecidos pela natureza e, da mesma forma, aos impactos e alterações ambientais resultantes da ação do homem. Por meio de diversos métodos e técnicas, a valoração ambiental tem como propósito atribuir valor monetário aos benefícios ou danos causados ao meio ambiente, em relação a outros bens e serviços disponíveis na economia.

A valoração monetária de recursos e danos ambientais é uma atividade complexa que envolve conhecimentos multidisciplinares, e requer a participação de equipes de profissionais especializados. A valoração monetária de recursos naturais e impactos pode ser usada nos processos de licenciamento ambiental, na perícia judicial e na avaliação imobiliária, visando à

determinação do valor dos danos que possam advir das atividades dos empreendimentos ou dos eventuais acidentais ambientais (KASKANTZIS NETO, 2011).

Em processo judicial, quando uma área ou parte dela é afetada por restrições ambientais, as normas de avaliação não se aplicam ou se aplicam parcialmente. Nesse caso, o profissional se vê obrigado a trabalhar com argumentação própria para fundamentar sua valoração ou a recorrer a trabalhos científicos, muitas vezes adaptando-os ao caso em questão, por não dispor de uma norma de valoração de áreas ambientais (IBAPE, 2015).

Em processo administrativo, como no licenciamento, os procedimentos estão sujeitos a determinações legais diversas, incluindo mitigações e compensações, não sendo considerado o valor ambiental da área, mas apenas seus itens isolados, como arborização, existência de nascentes e outros. A determinação do valor ambiental dessa área seria importante subsídio para a concessão ou não de licença, bem como para a imposição de compensações. E isso se aplica a Estudos de Impacto Ambiental (IBAPE, 2015).

Em qualquer caso, a existência de norma de valoração ambiental propicia a atribuição de valor para a área, evidenciando seu grau de importância ambiental, possibilitando considerá-la como um todo no procedimento e não considerando apenas alguns de seus componentes, como hoje ocorre. Acredita-se ainda que a atribuição de valor ambiental a uma área aumentará a percepção da importância dos bens e serviços ambientais, possivelmente contribuindo para as iniciativas de conservação ambiental (IBAPE, 2015).

2.4 Métodos de Valoração Ambiental

Existe uma grande diversidade de métodos já desenvolvidos para proceder com uma estimativa da valoração ambiental, variando em termos da complexidade e tipos de informações necessárias para sua aplicação e do embasamento teórico tomado como premissa.

Quanto a premissa assumida, a ABNT em sua norma NBR 14653-6:2009 considera, por exemplo, dois conjuntos de técnicas: aquelas definidas como “Métodos Diretos”, nas quais é possível verificar o quanto as pessoas estão dispostas a pagar ou receber pelo recurso a ser valorado em função da existência ou hipótese de um possível mercado/negócio, e aquelas definidas como “Métodos Indiretos”, nas quais não se verifica a disposição das pessoas em pagar ou receber pelo recurso a ser valorado, sendo sua estimativa identificada a partir de parâmetros levantados em campo para identificar o valor do dano ambiental.

Cada método de valoração apresenta suas vantagens e desvantagens na compreensão dos diferentes tipos de valores do recurso ambiental. A escolha mais adequada para cada caso deverá considerar, entre outras coisas, o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo e, também, se deve levar em consideração as limitações financeiras da pesquisa (MAIA, 2004).

Os principais métodos de valoração ambiental são resumidos na tabela 3 a seguir e apresentados nos próximos tópicos.

Tabela 3 – Classificação dos principais métodos de valoração ambiental.

Origem/ Normatização	Método	Classe/Tipo
ABNT NBR 14653-6	Produtividade Marginal	Direto
ABNT NBR 14653-6	Custo de viagem	Direto
ABNT NBR 14653-6	Preços hedônicos	Direto
ABNT NBR 14653-6	Valoração contingente	Direto
ABNT NBR 14653-6	Mercado de bens substitutos por Custos de reposição	Indireto

ABNT NBR 14653-6	Mercado de bens substitutos por Custos de relocalização	Indireto
ABNT NBR 14653-6	Mercado de bens substitutos por Custos defensivos ou de proteção evitados	Indireto
ABNT NBR 14653-6	Mercado de bens substitutos por Custos de controle evitados	Indireto
RIBAS, 1996	Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)	Indireto
IBAMA, 2002	Valor da Compensação Ambiental (VCA)	Indireto
GALLI, 1996	DEPRN	Indireto
NOAA, 2000	Análise do Habitat Equivalente	Indireto

2.4.1 Método da Produtividade Marginal (MPM) ou Método Dose-Resposta (MDR)

O método da produtividade marginal, conhecido também como método Dose-Resposta (MDR), é considerado direto e tem como principal objetivo determinar o impacto no sistema produtivo, a partir de uma variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental, e a partir desta variação, é possível estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental (Silva, 2008, p.47). Nesta metodologia o papel do recurso ambiental no processo produtivo será representado por uma função dose-resposta, que relaciona o nível de provisão do recurso ambiental ao nível de produção respectivo do produto no mercado (COTRIM, 2012).

Os princípios que inspiram a metodologia estão relacionados à atividade de avaliação de danos, característica da perícia de crimes ambientais. Conforme Esperancini (2001) explica, o método busca quantificar a relação entre a poluição e algum efeito mensurável, e somente então aplica-se uma medida de valor econômico para o efeito, tal como custo de recuperação do dano, de produção sacrificada, redução de produtividade, sendo por isso um dos métodos mais empregados na avaliação de custos de degradação ambiental, podendo também ser utilizado na análise de custos ambientais (MAGLIANO, 2013).

Nogueira et al. (2000) enfatizam que a relação intrínseca entre causa e efeito torna evidente a forte dependência desse método às informações provenientes das ciências naturais para aplicação de modelos econômicos. A construção da função dose-resposta envolve duas etapas básicas. A primeira precisa da elaboração de uma função física dos danos, relacionando a dose de poluição ou degradação à resposta do ativo ambiental poluído ou degradado na produção. A segunda é referente à formulação de um modelo econômico que determine o impacto financeiro destas alterações no processo produtivo. Entretanto, a função de produção pode não ser tão trivial caso as relações biológicas e tecnológicas sejam muito complexas.

Como exemplo da função dose-resposta, podemos citar o nível de contaminação da água representando a dose de poluição, e a queda da qualidade das águas dos rios e a consequente diminuição da produção pesqueira representando a resposta. Dose também pode ser o número de predadores naturais das pragas que prejudicam uma produção agrícola, cuja queda terá como resposta a redução da produtividade agrícola.

Motta (1997 *apud* CORREIA, 2015) explica que estas funções dose-resposta buscam relacionar a variação do nível de estoque ou qualidade com o nível de danos físicos ambientais e, em seguida, identificar o efeito do dano físico (redução da quantidade de bens e serviços ambientais do recurso ambiental) em certo nível de produção específico. A determinação da relação entre a causa (dose) e o efeito (resposta) é uma etapa desafiadora no emprego do método da produtividade marginal.

A tarefa de determinar com exatidão a provisão de bens ambientais já é complicada. Porém, serão encontradas dificuldades maiores ainda na formulação da relação dose-resposta,

que precisam de sólidos conhecimentos sobre as ciências naturais. É muito complexo precisar as relações causais do meio ambiente, pois muitos benefícios tendem a ser afetados pela redução da qualidade ambiental, não somente aqueles do processo produtivo. Para conhecimento dos benefícios ou danos gerados, é preciso profundo conhecimento dos processos biológicos, capacidades técnicas e suas interações com as decisões dos produtores, e o efeito da produção no bem-estar da população (MAIA, 2004).

O método apresenta como vantagem a utilização de preços de mercado, porém, como desvantagem, envolve relações tecnológicas complexas, depende do estoque e da qualidade do serviço ou bem ambiental.

2.4.2 Método de Preços Hedônicos (MPH)

Segundo Cotrim (2012), o método de preços hedônicos é considerado direto e é um dos métodos de valoração econômica mais antigos, além de ser um dos mais empregados. É aplicado com frequência para estabelecer o preço de propriedades, e parte do pressuposto que as características ambientais interferem nos benefícios dos moradores, afetando também o preço de mercado das residências.

A base que fundamenta este método está na identificação de atributos e características de um bem composto privado cujos atributos sejam complementares a bens ou serviços ambientais. Identificando esta complementaridade, é possível determinar o preço implícito do atributo ambiental no preço de mercado quando outros atributos são isolados (MOTTA, 1998 apud FURIO, 2006).

O método “utiliza uma regressão de quadrados mínimos ordinários para ajustar o preço da residência às diversas características que possam inferir no seu valor”. Sendo assim, “além das características estruturais, como a área construída e o número de cômodos, e das características ambientais do local de construção, também farão parte do modelo econométrico os índices socioeconômicos da região”. O método pode ser utilizado a qualquer tipo de mercadoria, embora seu uso seja mais frequente em preços de propriedades. É mais adequado para determinar o valor dos investimentos em edifícios ou em ambientes urbanos, onde recursos ambientais são refletidos no seu preço de mercado (CORREIA, 2015).

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

De acordo com e Mazzotta (2000) esta metodologia apresenta algumas controvérsias e limitações, como: 1) o método capta apenas a disposição a pagar (DAP) das pessoas para diferenças em atributos ambientais percebidas, e suas consequências; 2) o método é relativamente complexo para ser implementado e interpretado, exigindo bons conhecimentos de estatística; e 3) o método requer grande quantidade e dados e, disponibilidade dessas informações.

2.4.3 Método dos Custos de Viagem – MCV

O método de custos de viagem é considerado direto e também é um dos mais antigos métodos de valoração econômica, e é empregado na valoração de sítios naturais de visitação

pública. O valor do recurso ambiental será estimado a partir dos gastos causados pela visita ao local, inclui-se o transporte, o tempo de viagem, a taxa de entrada e outros gastos. O valor obtido por essa metodologia pode ser considerado uma expressão da disposição a pagar pelo direito de consumir o bem ou a utilidade recebida dele. É utilizado geralmente na valoração de ambientes protegidos, parques, áreas de lazer etc. (RIBEIRO, 2009).

O método tem como objetivo estimar os benefícios gerados por uma determinada atividade recreacional, baseando-se nos custos incorridos para se utilizar às amenidades que são exploradas pela referida atividade. O método aplica questionários aos indivíduos que frequentam a área recreacional, com o objetivo de coletar os dados. O método determina uma equação onde a taxa de visitação é relacionada às variáveis de custo de viagem, tempo, taxa de entrada e outras que expliquem a visita ao patrimônio natural. Os dados são obtidos através de questionários aplicados a uma amostra da população no local de visitação (RIBEIRO, 2009).

Para evitar um viés sazonal, as entrevistas precisam ser realizadas em períodos distintos do ano. Com estes dados disponíveis, é possível estimar uma curva de demanda por visitas recreativas relacionando os custos médios de viagem e as variáveis socioeconômicas, e então, calcula-se o excedente do consumidor obtido no período estudado, e este é o valor direto do uso do local de recreação (MOTTA, 1997 apud RIBEIRO, 2009).

A lógica por de trás metodologia é que, quando um recurso ambiental é aproveitado para atividades recreativas, gera um fluxo de serviço mensurável para os indivíduos. Cada visita ao local de recreação envolve uma transação implícita, na qual o custo de deslocamento para este local é o valor que se paga para a utilização dos serviços ambientais. Apesar do método ser um dos mais aplicados para valorar atividades recreacionais, sua utilização pode provocar alguns problemas que podem ser resultados de falhas nas pressuposições do método, ou de uma especificação deficiente do modelo (RIBEIRO, 2009).

A principal vantagem da metodologia é que não necessita criar mercados hipotéticos, e o comportamento é feito a partir da observação, tendo como recurso as entrevistas. O MCV também tem como vantagem o emprego de poucas variáveis, porém, como desvantagens, tem-se que cada cálculo é utilizado apenas para um determinado lugar, exigindo muito esforço de pesquisa e transformações econométricas com expressivos problemas de especificação e o método capta apenas os valores de uso direto e indireto dos recursos ambientais, pois apenas aqueles que visitam o patrimônio natural fazem parte do universo amostral. Como o método costuma aliar custo de viagem e custo do tempo despendido na atividade recreacional, exige a valoração do tempo com base em salários do mercado de trabalho, o que não é trivial. (MAGLIANO, 2013)

2.4.4 Método de Valoração Contingente (MVC)

O Método de Valoração Contingente é considerado direto e é utilizado para mensurar situações em que não existe preço no mercado, como os recursos imprescindíveis para a sobrevivência, como ar e água, ou características paisagísticas, ecológicas, culturais e outros. O método utiliza pesquisas com a fim de encontrar valores percebidos pelas pessoas sobre o ambiente. Quando se deseja conhecer o valor de uma bela vista, ar puro, segurança, entre outros, pesquisas são realizadas com pessoas para a determinação dos valores. A metodologia avalia o que as pessoas estão dispostas a pagar por um benefício ambiental ou o que estão dispostas a aceitar para tolerar um custo ambiental (FURIO, 2006).

Segundo Ribeiro (2009), a utilização do método busca simular cenários, cujas características estejam as mais próximas possíveis da realidade, para que as preferências levantadas e reveladas através de pesquisas resultem em decisões que os agentes tomariam de fato caso tivesse um mercado para o bem ambiental descrito no cenário hipotético.

A grande vantagem do MVC em relação às outras metodologias, é que pode ser aplicado em bens ambientais mais amplos. Sua limitação está no fato de captar valores ambientais que indivíduos não entendem ou desconhecem. Enquanto algumas partes do ecossistema possam não ser percebidas como geradoras de valor, elas podem, entretanto, ser condição necessária para a existência de outras funções de produção.

A aplicação do MVC também apresenta como vantagem a possibilidade de estimativa de valores de opção e de existência. Conforme descrito na NBR 14653-6, este método é o único capaz de medir valor de existência, além de quantificar os valores de uso (direto, indireto e de opção)(ABNT, 2006).

2.4.5 Método de Mercado de Bens Substitutos - MMBS

De acordo com Silva (2008), o método de Mercado de Bens Substitutos é considerado indireto e baseia-se no conceito de que a perda de qualidade ou escassez do bem ou serviço ambiental irá aumentar a procura por substitutos, sendo assim, não obtendo o preço do bem, pode-se “estimá-lo pelo substituto existente no mercado”. As estimativas também são, geralmente, subdimensionadas, pois tendem a considerar somente os valores de uso, direto e indireto, dos recursos ambientais, desconsiderando tanto os valores de opção quanto valores de existência, como o da preservação das espécies em seus habitats naturais, que não fazem parte da estimativa dos benefícios gerados pelo recurso ambiental, pois se referem a atributos insubstituíveis. Existe também, a dificuldade de encontrar na natureza recursos que substituam com perfeição os benefícios gerados por outros recursos naturais.

As propriedades ambientais são muito complexas e suas funções no ambiente pouco conhecidas para aceitarmos que possam ser substituídas eficientemente. A eficácia das estimativas dependerá sobretudo do objetivo da pesquisa, sendo na maioria das vezes suficientes para garantir, por exemplo, o uso sustentável de um recurso natural ou para evitar políticas de impactos ambientais (MAIA, 2004).

Segundo MAIA (2004), existem técnicas derivadas do Método de Mercado de Bens Substitutos, que apresentam como vantagem a facilidade de aplicação. Estas técnicas também são definidas pela NBR 14653-6 e denominadas Método dos Custos Evitados, Métodos dos Custos de Controle ou Custos Defensivos, Métodos dos Custos de Reposição e Métodos dos Custos de Relocalização. MAIA, 2004 cita ainda que o Método dos Custos de Oportunidade é derivado do MMBS, diferentemente da NBR 14653-6, que atribui a este método uma categoria própria e distinta daqueles baseados no MMBS.

Segunda a NBR 14653-6, o MMBS e suas variantes, por tratarem de métodos indiretos são técnicas que utilizam de custos associados aos danos ambientais e não à disposição a pagar pelos bens ambientais e por isso definidos como indiretos. Neste sentido, são os mais utilizados para a valoração de Danos Ambientais em si, em detrimento daqueles que avaliam o bem ambiental.

2.4.6 Método de Custos Ambientais Totais Esperados (CATE)

O método CATE foi desenvolvido por Ribas em 1996, é considerado indireto e segue o mesmo conceito utilizado no sistema financeiro, pois primeiro estabelece o valor presente dos custos ambientais para então determinar o valor econômico, em unidade monetária e por unidade de área (CORDIOLI, 2013).

Este método é voltado para avaliação de danos ambientais em área florestal e considera duas variações: os custos totais esperados com dano intermitente (CATE I); e os custos totais esperados com dano irreversível (CATE II). O CATE I é aplicado nos casos onde os danos ambientais são intermitentes, são aqueles danos sem riscos ambientais contínuos, provenientes

de uma ação degradadora não repetitiva, única, não periódica. Já o CATE II é aplicado nos casos de danos ambientais contínuos, sendo aquele tipo de degradação ambiental periódico, repetitivo, com riscos ambientais vinculados de maneira contínua, como, por exemplo, o lançamento sistemático (diário/mensal/anual) de poluentes atmosféricos ou, ainda, de águas residuais (CORDIOLI, 2013).

A aplicação da metodologia leva em consideração que o dano ambiental é sanado, ou foram iniciadas medidas de mitigação. Mas, em alguns casos, os danos ambientais podem ser irreversíveis num dado período de tempo, portanto, Ribas, em 2010, complementou o método com o cálculo da irreversibilidade do dano ambiental para determinado período, contemplando assim, a irreversibilidade dos danos ambientais durante o período decorrido entre o estabelecimento do cenário de danos ambientais e a implementação das medidas de mitigação. De acordo com Ribas (2010), o dano ambiental se torna irreversível quando as medidas ambientais não se estabelecem a contento, ou não acontecem. A irreversibilidade do dano ambiental está diretamente ligada ao tempo que o mesmo leva para ser eliminado ou mitigado.

É possível observar que o raciocínio matemático de dano ambiental irreversível é semelhante ao utilizado no sistema financeiro - no caso de período de inadimplência de uma dívida são acrescentados juros para o período correspondente ao atraso. Apesar do enfoque florestal empregado neste método, existe a possibilidade e a viabilidade de aplicá-lo, também, em casos ambientais não apenas florestais.

2.4.7 Método do Valor da Compensação Ambiental (VCP)

O método de Valor da Compensação Ambiental (VCP) é considerado indireto e foi elaborado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com o objetivo de obter um modelo de valoração econômica do impacto ambiental ocasionado pelas infraestruturas de telecomunicação em Unidades de Conservação. A equação do método VCP é constituída por cinco termos:

$$VCP = (p1 + p2 + p3 + p4 + IE)$$

A soma dos primeiros quatro termos do lado direito da equação representam os custos de recuperação área degradada e IE é o impacto sobre os serviços ecossistêmicos e deve ser consultado o estudo desenvolvido por Constanza et al. (1997), no qual foram discriminados os valores monetários relativos à perda de algumas funções ecossistêmicas, como, por exemplo, regulação do clima e controle da erosão (CARPANEZZI, 2016).

O método também propõe recuperar e/ou indenizar a degradação causada, através do licenciamento ambiental corretivo e apresenta modelagens simples e passíveis de serem aplicadas, porém, é menos usual devido à dificuldade de encontrar referências e sua aplicação deve ser utilizada quando se tem o valor de recuperação do ambiente afetado previamente, pois, este método necessita desta informação, dificultando o cálculo de valoração de danos não mensurados em seus valores de recuperação.

2.4.8 Método da Análise do Habitat Equivalente

O método de Análise do Habitat Equivalente (AHE) é considerado indireto e foi elaborado por pesquisadores da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). O fundamento da metodologia é que a sociedade pode ser compensada por danos causados nos recursos de um ecossistema através de projetos de recuperação (substituição) do ecossistema que forneçam bens ou serviços equivalentes, ainda que em outro local e com área de dimensões diferentes, conforme a equivalência encontrada (MAGLIANO, 2013)

Este método determina o tamanho do projeto de compensação do dano ambiental contabilizando os serviços ambientais afetados e aqueles a serem fornecidos progressivamente

com a descontaminação da área e o desenvolvimento de uma nova área similar à degradada. O modelo pode ser dividido em três etapas. Na primeira, faz-se a avaliação dos componentes ambientais injuriados; na segunda etapa quantifica-se o dano analisando as possibilidades dos projetos de recuperação e compensação; na última etapa, executam-se os projetos acompanhando a evolução dos serviços ambientais (KASKANTZIS NETO, 2011).

2.4.9 Método do DEPRN

O método DEPRN é considerado indireto e foi elaborado pelo extinto Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (GALLI, 1996 apud CORREIA, 2015) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, tendo como objetivo atender duas premissas básicas: ser de aplicação prática e ser aplicável às condições brasileiras. Sua aplicação é bastante simples, sendo que consiste basicamente no uso de uma tabela e de um quadro.

Neste método são necessários a vistoria em campo, dados cartográficos, informações escritas e demais fatores pertinentes, onde, através do quadro, determinam-se os aspectos ambientais. O Quadro 1 divide o meio ambiente em seis aspectos ambientais: ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e paisagem, e, para cada aspecto ambiental são descritos dois tipos de dano e, para cada tipo de dano são considerados e qualificados diversos agravos. Após a qualificação do dano, é possível obter o índice de qualificação dos agravos para cada aspecto, correspondente ao dano ambiental em análise (CORREIA, 2015).

Posteriormente, analisa-se o agravo conforme citado no Quadro 1, qualificando-os de acordo com critérios pré-estabelecidos no Anexo B. A definição do tipo de dano e os critérios de qualificação dos agravos indicados no quadro são descritos no Anexo B separadamente para cada um dos aspectos ambientais. Com base nos critérios de qualificação dos agravos, eles recebem um número que varia na faixa de 0 a 3 unidades. Desta forma, ao finalizar a análise do quadro, o avaliador terá, para cada um dos seis aspectos ambientais, um índice numérico correspondente à qualificação dos agravos e, assim, relacionado ao dano ambiental que está sendo avaliado.

Para cada índice numérico, referente a cada aspecto ambiental, é atribuído um fator de multiplicação indicado na Tabela 4. Portanto, o avaliador obtém o valor do dano ambiental através do somatório dos fatores (de multiplicação) multiplicado pelo valor de exploração, conforme equação abaixo:

$$\text{INDENIZAÇÃO} = [\Sigma(\text{Fator de multiplicação})] \times \text{Valor de Exploração}$$

O valor de exploração é o valor de mercado dos bens apropriados ou lesados, objetos da ação civil ou criminal. Como por exemplo: valor de mercado da tora ou da lenha provenientes de um desmatamento irregular, ou ainda, o valor da areia proveniente da exploração irregular.

Nos casos em que os bens degradados não têm valor de mercado estabelecido (como por exemplo: ar, ecossistema aquático, lençol de água subterrâneo, entre outros), a metodologia propõe a utilização do valor de recuperação do bem ou recurso lesado para o cálculo do valor do dano ambiental, conforme equação abaixo:

$$\text{INDENIZAÇÃO} = [\Sigma(\text{Fator de multiplicação})] \times \text{Valor de Recuperação}$$

Cabe ao avaliador estudar e indicar qual o método de recuperação mais adequado para a situação analisada (como por exemplo: controle da poluição atmosférica, recuperação da área desmatada, terraplanagem, etc.) e, a partir disso estimar o Valor de Recuperação.

A aplicação da metodologia é bem simples, porém, por se tratar de uma pesquisa descritiva com base em dados secundários, não é possível avaliar de forma precisa os critérios de qualificação dos agravos propostos pelo método, sendo assim, existe uma dificuldade em relacionar o dano ao aspecto e para ser aplicado em qualquer área, é necessário obter o custo de recuperação da área contaminada/degradada ou o valor de exploração dos bens lesados, sendo esse um ponto limitante do método. (CORDIOLI, 2013), fator também ressaltado por Galli

(1996) (apud KASKANTZIS NETO, 2005), para alguns casos, como o dano causado pela morte de um animal cuja espécie esteja ameaçada de extinção, ou o caso de lesão ao patrimônio público tombado. Nestes casos, ainda existem lacunas que deverão ser preenchidas com o tempo.

O Quadro 1 apresenta os seis aspectos ambientais considerados pelo método, os dois tipos de dano atribuídos para cada um dos aspectos ambientais e os tipos de agravos considerados para cada tipo de dano e aspecto ambiental considerado.

Quadro 1 - Descrição e qualificação dos agravos associados aos dois tipos de danos e aos seis aspectos ambientais em análise. Adaptado de Kaskantzis Neto (2005) *apud* Cotrim (2012).

Aspecto	Tipo de Dano	DESCRIÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS							
Atmosfera	Impacto causado pela emissão de gases, partículas, agentes biológicos, energia (x 1,0)	Toxicidade da emissão	Proximidade de centros urbanos	Áreas protegidas	Comprometimento do aquífero	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural	
	Impacto na dinâmica atmosférica (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração da qualidade do ar	Previsão de reequilíbrio				
Água	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológico, energia (x 1,0)	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas Protegidas	Dano ao solo e/ou subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural	
	Impacto na hidrodinâmica (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração da classe do corpo hídrico	Alteração da vazão/volume de água	Previsão de reequilíbrio			
Solo/Subsolo	Impacto causado por agentes químicos, físicos, biológicos e energia (x 1,0)	Toxicidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Assoreamento de corpo hídrico	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural	Objetivando comercialização
	Impacto na dinâmica solo e/ou subsolo (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Alteração da capacidade de uso da terra	Dano ao relevo	Previsão de reequilíbrio			
Fauna	Dano aos indivíduos (x 1,0)	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmicas	Fêmeas	Objetivando a comercialização			

	Impacto na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Importância relativa	Morte ou dano à flora	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				
Flora	Dano aos indivíduos (x 1,0)	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmicas	Favorecimento da erosão	Dano ao monumento ou patrimônio natural	Objetivando comercialização		
	Impacto na dinâmica da comunidade (x 1,5)	Morte ou dano à fauna	Importância relativa	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio				
Paisagem	Dano à paisagem (x 1,0)	Áreas e/ou municípios protegidos	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo – subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora	Dano ao patrimônio ou monumento natural
	Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquit., artístico (x 1,5)	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo/subsolo	Morte ou dano à fauna	Morte ou dano à flora		

A Tabela 4 apresenta os índices numéricos correspondentes à qualificação dos agravos, segundo o aspecto ambiental e o fator que será multiplicado ao Valor de Exploração ou de Recuperação.

Tabela 4 – Critérios de Avaliação do Dano – DEPRN. Adaptado de Kaskantzis Neto (2005) *apud* Cotrim (2012).

Aspectos ambientais	Intervalo dos pesos obtidos pela qualificação dos agravos				
	Ar	≤ 6,8	≤ 13,6	≤ 20,4	≤ 27,2
Água	≤ 7,2	≤ 14,4	≤ 21,6	≤ 28,8	≤ 36,0
Solo-Subsolo	≤ 7,5	≤ 15,0	≤ 22,5	≤ 30,0	≤ 37,5
Fauna	≤ 6,4	≤ 12,8	≤ 19,2	≤ 25,6	≤ 32,0
Flora	≤ 6,6	≤ 13,2	≤ 19,8	≤ 26,4	≤ 33,0
Paisagem	≤ 8,0	≤ 16,0	≤ 24,0	≤ 32,0	≤ 40,0
Índice do Fator de multiplicação	1,6	3,2	6,4	12,8	25,6

No Anexo B são apresentados, separadamente, os aspectos ambientais que envolvem o dano ambiental com seus respectivos agravos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Com base na Lei 9784/99 que declara que os processos administrativos são públicos, foram solicitados, ao órgão ambiental, INEA, os processos administrativos de 3 postos de combustíveis localizados em 3 diferentes municípios do Rio de Janeiro, para a aplicação da metodologia de valoração do dano ambiental e comparação dos resultados obtidos para os 3 postos. A partir da revisão teórica dos diferentes métodos de valoração, somada às limitações da diversidade de informações contidas nos processos administrativos do INEA e à praticidade para implementação de uma metodologia na rotina administrativa de um órgão ambiental, o método escolhido foi o método proposto pelo DEPRN.

3.1 Estudo de Caso – Processos de Licenciamento Ambiental de 3 Postos de Abastecimento de Combustíveis

O Quadro 2, a seguir, apresenta o resumo dos processos administrativos, do INEA, para o licenciamento ambiental da atividade de cada posto, os quais se encontram em fase de operação com passivo de contaminação ambiental.

Quadro 2 - Localização e cronologia no processo de licenciamento dos postos

Posto 1 – Localizado em Petrópolis	
Março/2006	Investigação Ambiental do Solo e das Águas Subterrâneas: Foi identificado a contaminação do solo e da água subterrânea.
Janeiro/2008	Investigação Complementar e Análise de Risco: Foi confirmada a contaminação por BTEX e PAH e identificado risco à saúde humana.
Março/2009	Instalação do sistema de saneamento do tipo Extração Multifásica (MPE-Multi Phase Extraction).
Mai/2009	Relatório Mensal de Saneamento do Solo e do Lençol Freático: Não foi identificada a presença de Fase Líquida Leve Não Aquosa (Light non-aqueous phase liquid-LNAPL) e concentração de BTEX abaixo do Valor de Intervenção (VI).
Julho/2009	Relatório Mensal de Saneamento do Solo e do Lençol Freático: Não foi identificada a presença de LNAPL, porém foi identificada concentração de BTEX acima do Valor de Intervenção (VI).
Agosto/2009	Relatório Mensal de Saneamento do Solo e do Lençol Freático: Não foi identificada a presença de LNAPL e concentração de BTEX abaixo do Valor de Intervenção (VI).
Outubro/2009	Relatório Mensal de Saneamento do Solo e do Lençol Freático: Não foi identificada a presença de LNAPL e concentração de BTEX abaixo do Valor de Intervenção (VI).
Novembro/2009	Relatório Mensal de Saneamento do Solo e do Lençol Freático: Não foi identificada a presença de LNAPL e concentração de BTEX abaixo do Valor de Intervenção (VI).
Junho/2010	Desmobilização do Sistema de Remediação. Obs: De dezembro/2009 a maio/2010 não tem registro de monitoramento no processo administrativo.
Junho/2010	1ª Campanha de Monitoramento de Água Subterrânea: Concentrações de BTEX e PAH acima do VI e abaixo do nível-alvo específico do local (Site-Specific Target Level - SSTL).
Setembro/2010	2ª Campanha de Monitoramento de Água Subterrânea Concentrações de BTEX e PAH acima do VI e abaixo do SSTL.
Dezembro/2010	3ª Campanha de Monitoramento de Água Subterrânea: Concentrações de BTEX e PAH acima do VI e abaixo do SSTL.
Abril/2011	4ª e última Campanha de Monitoramento de Água Subterrânea: Concentrações de BTEX e PAH acima do VI e abaixo do SSTL.
Agosto/2011	Parecer favorável à concessão da LOR.
Posto 2 – Localizado em Barra Mansa	

Agosto/2010	Avaliação Geoambiental Preliminar: Foi identificada a contaminação do solo e da água subterrânea.
Dezembro/2010	Instalação do Sistema de Remediação – MPE.
Novembro/2011	Relatório de Monitoramento: Amostras de água com concentração de Benzeno acima do VI.
Março/2012	Relatório de Monitoramento Geoambiental: Não foi identificada a presença de fase livre; Amostras de solo e água subterrânea com concentração de BTEX e PAH acima do VI.
Abril/2014	Relatório de Monitoramento da Remediação: Extinção do índice de explosividade e fase livre nos poços de monitoramento.
Fevereiro/2016	Vistoria do INEA: Foi detectada fase livre.
Março/2016	Relatório de Acompanhamento das Ações de Intervenção Emergenciais: Fase livre removida e índice de explosividade abaixo do LIE.
Abril/2016	Avaliação Geoambiental Detalhada e Análise de Risco: Identificado Risco à saúde humana. Reinstalação do Sistema de Remediação MPE (foi desmobilizada anteriormente pois foi infirmado que após 1 ano de operação do sistema de remediação não havia mais contaminação), pois em vistoria do INEA foi identificada fase livre e contaminação.
Julho/2016	Parecer favorável a concessão da LOR.
Janeiro/2017	Relatório de Monitoramento: Concentrações das amostras de água subterrânea acima dos VI.
Posto 3 – Localizado em Três Rios	
Novembro/2010	Avaliação Geoambiental: Foi identificado Risco à Saúde Humana; Foi identificada contaminação de solo e água subterrânea.
2010 – 2019	Nenhuma medida de intervenção foi tomada.

A área onde os postos estão localizados apresentou contaminação do solo e das águas subterrâneas, por vazamento de combustíveis. Sendo assim, para a valoração do dano causado, foi aplicado, para cada posto, o método DEPRN.

3.2 Localização dos Postos de Combustíveis

A partir dos dados presentes nos processos, foi possível identificar a localização de cada posto, conforme descrito a seguir.

O Posto 1, localizado na cidade de Petrópolis, encontra-se na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis (APA Petrópolis), Unidade de Conservação do grupo de Uso Sustentável (Figura 8).

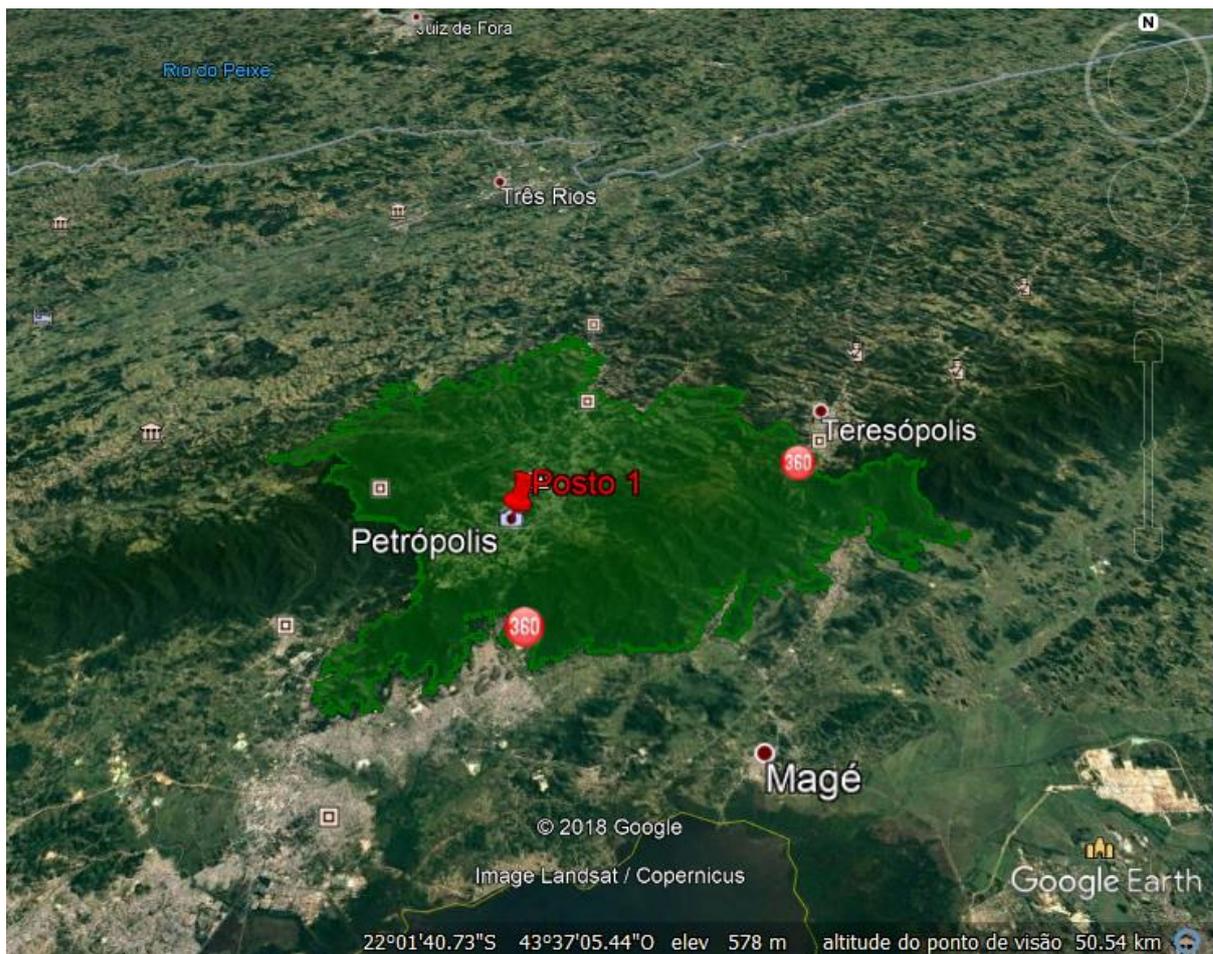


Figura 8 – Localização do posto (1) de abastecimento em estudo, em relação à APA Petrópolis (polígono verde com hachura verde), Unidade de Conservação do grupo de Uso Sustentável. Imagem: Google Earth (2019).

O Posto 2, localizado no município de Barra Mansa, encontra-se na mesma bacia à montante da Unidade de Conservação denominada Área de Relevante Interesse Ecológico das Ilhas do Paraíba do Sul, unidade Municipal (Decreto 4.580 de 09/06/2005) do grupo de Uso Sustentável (Figura 9).



Figura 9 – Localização do posto de abastecimento em estudo (polígono em vermelho), em relação a Unidade de Conservação Área de Relevante Interesse Ecológico das Ilhas do Paraíba do Sul (polígono amarelo com hachura verde), unidade Municipal (Decreto 4.580 de 09/06/2005) do grupo de Uso Sustentável. Imagem: Google Earth (2019).

O Posto 3, localizado no município de Três Rios, não está situado em área protegida (Figura 10).



Figura 10 – Localização do posto de abastecimento em estudo. Imagem: Google Earth (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a aplicação do método, foi feita a análise dos processos administrativos dos 3 postos de combustíveis e, a partir das informações contidas neles, os aspectos ambientais levados em consideração neste estudo foram Água e Solo/Subsolo, pois foram os aspectos que comprovadamente sofreram danos. Quanto aos aspectos ambientais Fauna, Flora, Paisagem e Ar, não foi evidenciado nenhuma informação do relatório do INEA e presumiu-se não ter ocorrido dano nestes compartimentos, dada a forma de contaminação que ocorreu por vazamento de tanques subterrâneos e linhas que estavam situados sob piso impermeabilizado do empreendimento, limitando-se a este compartimento de subsolo e águas subterrâneas.

Para facilitar a aplicação do método, a seguir, é apresentado o Quadro 3 identificando os aspectos afetados em cada caso.

Quadro 3 – Resumos dos Aspectos Ambientais identificados nos postos em avaliação.

Posto	Aspecto Ambiental					
	Ar	Água	Solo-Subsolo	Fauna	Flora	Paisagem
Posto 1	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não

Posto 2	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
Posto 3	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não

Com as informações obtidas no processo administrativo do Posto 1 pode-se fazer as seguintes conclusões:

Quanto ao componente ÁGUA foram identificados danos ocasionados pela contaminação ocasionada pelo vazamento de combustível proveniente dos tanques de abastecimento e linhas, sendo os fatores de agravo descritos a seguir:

Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia:

- Toxicidade da emissão: Peso 3, comprovada, pois a Análise de Risco apontou a existência de risco a saúde humana.
- Comprometimento do aquífero: Peso 3, comprovada, pois nas amostras de água subterrânea encontrou-se concentração de BTEX e PAH acima dos valores de investigação (VI) estabelecidos na lista de valores orientadores para solos e para águas subterrâneas da Resolução nº 420/09 do CONAMA e foi identificada a presença de Fase Livre.
- Localização em relação a área protegida: Peso 3, pois o imóvel está localizado na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis (APA Petrópolis), Unidade de Conservação do grupo de Uso Sustentável (Figura 8).
- Dano ao solo e/ou subsolo: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental água, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental solo, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto no solo ou no subsolo ter sido ocasionado de forma direta e não por meio de veiculação pela água.
- Morte ou dano à fauna: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou à água subterrânea.
- Morte ou dano à flora: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou à água subterrânea.
- Dano ao patrimônio e/ou monumento natural: Peso 0, não identificado e presumido não ter ocorrido.
- Impactos na hidrodinâmica: Não identificado e presumido não ter ocorrido.

Quanto ao componente SOLO/SUBSOLO foram identificados danos pela contaminação ocasionada pelo vazamento de combustível proveniente dos tanques de abastecimento e linhas, sendo os fatores de agravo descritos a seguir:

Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia:

- Toxicidade da emissão: Peso 3, comprovada, pois as amostras de solo apresentaram concentrações de BTEX acima do valor de investigação da CONAMA 420/09.
- Comprometimento do aquífero: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental solo, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental água, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto na água subterrânea ter sido

ocasionado de forma direta por meio do vazamento e não por meio de veiculação pelo solo.

- Localização em relação a área protegida: Peso 2, pois o imóvel está localizado na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis (APA Petrópolis), Unidade de Conservação da classe de Uso Sustentável. (Figura 8)
- Assoreamento de corpos hídricos: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois não houve movimentação de terra.
- Dano ao solo e/ou subsolo: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental água, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental solo, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto no solo ou no subsolo ter sido ocasionado de forma direta e não por meio de veiculação pela água.
- Morte ou dano à fauna: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou ao subsolo ou à camada subsuperficial do solo em que está alocado o empreendimento e este encontra-se impermeabilizado.
- Morte ou dano à flora: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou ao subsolo ou à camada subsuperficial do solo em que está alocado o empreendimento e este encontra-se impermeabilizado.
- Dano ao patrimônio e/ou monumento natural: Peso 0, não identificado e presumido não ter ocorrido.
- Objetivando a comercialização: Peso 0, não identificado como fator de agravamento.
- Impactos na dinâmica solo/ subsolo: Não identificado e presumido não ter ocorrido.

A partir das informações analisadas, foi possível determinar o fator de multiplicação para o Posto 1, conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Determinação do Fator de Multiplicação para o caso em estudo relativo ao Posto 1.

Aspecto Ambiental	Tipo de Dano	Qualificação do Agravamento			Σ Peso do Agravamento	Índice do Aspecto
Ar	A* 1x					
	B** 1,5x					
Água	A 1x	Toxidade da emissão: Peso 3	Comprometimento do aquífero: Peso 3	Localização em relação a área protegida: Peso 3	9	3,2
	B 1,5x					
Solo/Subsolo	A 1x	Toxidade da emissão: Peso 3	Localização em relação a área protegida: Peso 2		5	1,6
	B 1,5x					
Fauna	A 1x					
	B 1,5x					
Flora	A 1x					
	B 1,5x					
Paisagem	A 1x					

	B 1,5x					
Σ (Fator de multiplicação) =						4,8

* Dano aos indivíduos

** Impacto na dinâmica da comunidade

Com as informações obtidas no processo administrativo do Posto 2 pode-se fazer as seguintes conclusões:

Quanto ao componente ÁGUA foram identificados danos ocasionados pela contaminação ocasionada pelo vazamento de combustível proveniente dos tanques de abastecimento e linhas, sendo os fatores de agravo descritos a seguir:

Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia:

- Toxicidade da emissão: Peso 3, comprovada, pois a Análise de Risco apontou a existência de risco a saúde humana.
- Comprometimento do aquífero: Peso 3, comprovada, pois nas amostras de água subterrânea encontrou-se concentração de BTEX e PAH acima dos valores de investigação (VI) estabelecidos na lista de valores orientadores para solos e para águas subterrâneas da Resolução nº 420/09 do CONAMA e foi identificada a presença de Fase Livre.
- Localização em relação a área protegida: Peso 2, pois o imóvel está localizado na mesma bacia à montante da Unidade de Conservação denominada Área de Relevante Interesse Ecológico das Ilhas do Paraíba do Sul, unidade Municipal (Decreto 4.580 de 09/06/2005) do grupo de Uso Sustentável (Figura 9).
- Dano ao solo e/ou subsolo: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental água, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental solo, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto no solo ou no subsolo ter sido ocasionado de forma direta e não por meio de veiculação pela água.
- Morte ou dano à fauna: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou à água subterrânea.
- Morte ou dano à flora: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou à água subterrânea.
- Dano ao patrimônio e/ou monumento natural: Peso 0, não identificado e presumido não ter ocorrido.
- Impactos na hidrodinâmica: Não identificado e presumido não ter ocorrido.

Quanto ao componente SOLO/SUBSOLO foram identificados danos ocasionados pela contaminação ocasionada pelo vazamento de combustível proveniente dos tanques de abastecimento e linhas, sendo os fatores de agravo descritos a seguir:

Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia:

- Toxicidade da emissão: Peso 3, comprovada, pois as amostras de solo apresentaram concentrações de BTEX acima do valor de investigação da CONAMA 420/09.
- Comprometimento do aquífero: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental solo, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental água, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto na água subterrânea ter sido

ocasionado de forma direta por meio do vazamento e não por meio de veiculação pelo solo.

- Localização em relação a área protegida: Peso 1, pois o imóvel está localizado na mesma bacia à montante da Unidade de Conservação denominada Área de Relevante Interesse Ecológico das Ilhas do Paraíba do Sul, unidade Municipal (Decreto 4.580 de 09/06/2005) do grupo de Uso Sustentável. (Figura 9)
- Assoreamento de corpos hídricos: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois não houve movimentação de terra.
- Dano ao solo e/ou subsolo: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental água, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental solo, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto no solo ou no subsolo ter sido ocasionado de forma direta e não por meio de veiculação pela água.
- Morte ou dano à fauna: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou ao subsolo ou à camada subsuperficial do solo em que está alocado o empreendimento e este encontra-se impermeabilizado.
- Morte ou dano à flora: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou ao subsolo ou à camada subsuperficial do solo em que está alocado o empreendimento e este encontra-se impermeabilizado.
- Dano ao patrimônio e/ou monumento natural: Peso 0, não identificado e presumido não ter ocorrido.
- Objetivando a comercialização: Peso 0, não identificado como fator de agravamento.
- Impactos na dinâmica solo/ subsolo: Não identificado e presumido não ter ocorrido.

A partir das informações analisadas, foi possível determinar o fator de multiplicação para o Posto 2, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Determinação do Fator de Multiplicação para o caso em estudo relativo ao Posto 2.

Aspecto Ambiental	Tipo de Dano	Qualificação do Agravamento			∑ Peso do Agravamento	Índice do Aspecto
Ar	A* 1x					
	B** 1,5x					
Água	A 1x	Toxidade da emissão: Peso 3	Comprometimento do aquífero: Peso 3	Localização em relação a área protegida: Peso 2	8	3,2
	B 1,5x					
Solo/Subsolo	A 1x	Toxidade da emissão: Peso 3	Localização em relação a área protegida: Peso 1		5	1,6
	B 1,5x					
Fauna	A 1x					
	B 1,5x					
Flora	A 1x					

	B 1,5x					
Paisagem	A 1x					
	B 1,5x					
Σ (Fator de multiplicação) =						4,8

* Dano aos indivíduos

** Impacto na dinâmica da comunidade

Com as informações obtidas no processo administrativo do Posto 3 pode-se fazer as seguintes conclusões:

Quanto ao componente ÁGUA foram identificados danos ocasionados pela contaminação ocasionada pelo vazamento de combustível proveniente dos tanques de abastecimento e linhas, sendo os fatores de agravamento descritos a seguir:

Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia:

- Toxicidade da emissão: Peso 3, comprovada, pois a Análise de Risco apontou a existência de risco a saúde humana.
- Comprometimento do aquífero: Peso 3, comprovada, pois nas amostras de água subterrânea encontrou-se concentração de BTEX e PAH acima dos valores de investigação (VI) estabelecidos na lista de valores orientadores para solos e para águas subterrâneas da Resolução nº 420/09 do CONAMA e foi identificada a presença de Fase Livre.
- Localização em relação a área protegida: Peso 0, pois o imóvel não está em área protegida (Figura 10).
- Dano ao solo e/ou subsolo: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental água, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental solo, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto no solo ou no subsolo ter sido ocasionado de forma direta e não por meio de veiculação pela água.
- Morte ou dano à fauna: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou à água subterrânea.
- Morte ou dano à flora: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou à água subterrânea.
- Dano ao patrimônio e/ou monumento natural: Peso 0, não identificado e presumido não ter ocorrido.
- Impactos na hidrodinâmica: Não identificado e presumido não ter ocorrido.

Quanto ao componente SOLO/SUBSOLO foram identificados danos ocasionados pela contaminação ocasionada pelo vazamento de combustível proveniente dos tanques de abastecimento e linhas, sendo os fatores de agravamento descritos a seguir:

Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia:

- Toxicidade da emissão: Peso 3, comprovada, pois as amostras de solo apresentaram concentrações de BTEX acima do valor de investigação da CONAMA 420/09.
- Comprometimento do aquífero: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental solo, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental água, sob pena de se imputado valores em duplicata para o

mesmo impacto, além do fato do impacto na água subterrânea ter sido ocasionado de forma direta por meio do vazamento e não por meio de veiculação pelo solo.

- Localização em relação a área protegida: Peso 0, pois o imóvel não está em área protegida (Figura 10).
- Assoreamento de corpos hídricos: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois não houve movimentação de terra.
- Dano ao solo e/ou subsolo: Peso 0, este fator de agravamento não deve ser computado para o aspecto ambiental água, pois será contemplado diretamente no aspecto ambiental solo, sob pena de se imputado valores em duplicata para o mesmo impacto, além do fato do impacto no solo ou no subsolo ter sido ocasionado de forma direta e não por meio de veiculação pela água.
- Morte ou dano à fauna: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou ao subsolo ou à camada subsuperficial do solo em que está alocado o empreendimento e este encontra-se impermeabilizado.
- Morte ou dano à flora: Peso 0, não identificado e foi presumido não ter ocorrido, pois a contaminação se limitou ao subsolo ou à camada subsuperficial do solo em que está alocado o empreendimento e este encontra-se impermeabilizado.
- Dano ao patrimônio e/ou monumento natural: Peso 0, não identificado e presumido não ter ocorrido.
- Objetivando a comercialização: Peso 0, não identificado como fator de agravamento.
- Impactos na dinâmica solo/ subsolo: Não identificado e presumido não ter ocorrido.

A partir das informações analisadas, foi possível determinar o fator de multiplicação para o Posto 3, conforme descrito na Tabela 7.

Tabela 7 – Determinação do Fator de Multiplicação para o caso em estudo relativo ao Posto 3.

Aspecto Ambiental	Tipo de Dano	Qualificação do Agravamento			∑ Peso do Agravamento	Índice do Aspecto
Ar	A* 1x					
	B** 1,5x					
Água	A 1x	Toxidade da emissão: Peso 3	Comprometimento do aquífero: Peso 3	Localização em relação a área protegida: Peso 0	6	1,6
	B 1,5x					
Solo/Subsolo	A 1x	Toxidade da emissão: Peso 3	Localização em relação a área protegida: Peso 0		3	1,6
	B 1,5x					
Fauna	A 1x					
	B 1,5x					
Flora	A 1x					
	B 1,5x					

Paisagem	A 1x					
	B 1,5x					
Σ (Fator de multiplicação) =						3,2

* Dano aos indivíduos

** Impacto na dinâmica da comunidade

Para a determinação dos custos de recuperação da área degradada em cada posto foi considerado a instalação de um sistema de remediação do tipo MPE – Extração multifásica. O MPE é uma denominação genérica para uma categoria de tecnologias de remediação “in situ” que utilizam vácuo para a extração simultânea de contaminantes em mais de uma fase (vapores, água e fase livre), em poços ou trincheira. A técnica vem sendo amplamente utilizada para a remediação de solos e águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo e outros compostos voláteis e semi-voláteis.

Com base na ART do Posto 1, que engloba os serviços prestados para instalação do sistema de remediação MPE, monitoramento, coleta de amostras e operação do sistema durante 12 meses de remediação, é possível estimar o valor de recuperação para cada posto, visto que, todos os postos utilizaram, ou deveriam utilizar por recomendação, da mesma técnica de remediação.

Sendo assim, é possível sugerir o seguinte:

Valor de Recuperação = R\$ 95.910,47

A partir do valor de recuperação, pode-se calcular o valor do dano ambiental. Aplicando a relação abaixo temos:

Valor do Dano Ambiental = Σ (Fator de multiplicação) x Valor de Recuperação

Com isso, temos os valores apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Estimativa do valor do dano ambiental nos três postos em avaliação.

Posto	Fator de Multiplicação	Valor de Recuperação	Valor do Dano Ambiental
Posto 1	4,8	R\$ 95.910,47	R\$ 460.370,26
Posto 2	4,8	R\$ 95.910,47	R\$ 460.370,26
Posto 3	3,2	R\$ 95.910,47	R\$ 306.913,50

O método DEPRN leva em consideração uma matriz onde se cruza cada aspecto provável relacionado aos danos dos outros aspectos, ou seja, por exemplo, são qualificados os agravos do dano no solo que tem impacto no ar, água, fauna, flora, paisagem e ao próprio solo. Para cada aspecto são definidos os danos que impactam nos outros aspectos. O método também considera os impactos em outros componentes ambientais, mesmo que não se tenha de imediato o valor de recuperação dos outros fatores (ar, água, etc), diferentemente de outros métodos.

Então o método DEPRN tem como proposta a atribuição de valor ao dano ambiental causado, considerando as características da área, através dos seis aspectos ambientais propostos pela metodologia, englobando diversos fatores de suma importância na avaliação da área contaminada por postos de combustíveis, destacando-se os componentes ambientais água e solo/subsolo, que são os mais comumente impactados por estas atividades devido a forma de contaminação geralmente associada a vazamento em tanques e equipamentos subterrâneos.

Sendo assim, com a aplicação do método chegou-se a um valor do dano ambiental causado para cada posto. Porém apesar da valoração do dano ambiental, a contaminação ainda existe, mas apresenta-se em níveis aceitáveis. A partir daí, pode-se afirmar que, mesmo que a área seja remediada, isso não faz com que esta retorne ao seu aspecto inicial, antes da contaminação e mesmo assim o posto pode continuar operando, pois o dano ambiental foi “sanado”, uma vez que, apesar de permanecer contaminado, está dentro dos limites aceitáveis de contaminação para operar, porém nesta valoração não está incluso o valor do impacto ambiental.

Apesar dos termos dano e impacto ambiental serem utilizados, muitas vezes, com a mesma definição, seus conceitos são diferentes. Conforme a Resolução nº 01/86 do CONAMA, IMPACTO AMBIENTAL pode ser definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota e a qualidade dos recursos ambientais. Conforme o inciso II do artigo 6º. Da Resolução, o impacto ambiental pode ser POSITIVO (trazer benefícios) ou NEGATIVO (adverso), e pode proporcionar ÔNUS ou BENEFÍCIOS SOCIAIS. Não se pode falar em impacto, sem qualificá-lo, para fazer um juízo de valor, da mesma forma que não se pode falar em comportamento, sem qualificá-lo.

Segundo Fenker, não consta na Lei brasileira a definição de DANO AMBIENTAL, o que é um contrasenso, porque há punição por dano ambiental. Conforme Steigleder (2004): A expressão “dano ambiental” tem conteúdo ambivalente e, conforme o ordenamento jurídico em que se insere, a norma é utilizada para designar tanto as alterações nocivas como efeitos que tal alteração provoca na saúde das pessoas em seus interesses. Milaré (2005) também se apoia na advertência de Bessa Antunes ao falar nas “dificuldades que a moderna literatura tem encontrado para definir dano ambiental, e aponta vinculação com os conceitos legais de poluição e degradação”.

A partir da conceituação de dano e impacto ambiental, pode-se afirmar que o impacto ambiental negativo causado pela contaminação por postos de combustíveis não foi sanado mesmo que tenha sido feita a remediação do dano ambiental causado pelos postos de combustível. Com a valoração do dano ambiental, é possível corrigir apenas o dano ambiental, onde a correção é considerada eficiente quando as condições não toleráveis e o risco à saúde humana foram eliminados. Porém o impacto ambiental permanece, uma vez que a área permanece contaminada, porém em condições aceitáveis. Ou seja, o dano ambiental pode ser corrigido, agora o impacto ambiental causado pela contaminação da área, não, uma vez que esta área nunca mais será a mesma. E isso deve ser levado em consideração ao aplicar um método de valoração das áreas contaminadas.

Pode-se entender que impacto ambiental seria aquela alteração adversa do meio que seja inerente à atividade antrópica fim ou meio, ocasionada em padrões e especificações há condições toleráveis e admissíveis por regulamentos e normas, enquanto dano ambiental seria aquela alteração adversa ocasionado pela atividade antrópica fim na qual não se esperaria ser inerente à atividade desenvolvida de forma controlada, ferindo padrões e especificações que seriam tidas como toleráveis, ressalvados neste caso aquelas ocasionadas por casos fortuitos ou coisa maior ou aquelas ocasionadas por atividades meio não autorizadas. Assim dizer a supressão de vegetação (atividade meio) para construir uma indústria (atividade fim) com a devida autorização ambiental respeitando condições toleráveis previamente aprovadas por órgão ambiental seria um impacto ambiental, enquanto aquela sem a devida autorização seria

considerada um dano ambiental. Ou um lançamento de um efluente por uma indústria (atividade fim) alterando a qualidade do curso hídrico ou do solo, mas em níveis admissíveis em norma, seria um impacto ambiental, enquanto se este mesmo lançamento ocasionar contaminação acima dos limites toleráveis seria um dano ambiental.

Neste sentido, a contaminação do solo e de água subterrâneas em postos de abastecimentos acima dos valores de intervenção para determinado parâmetro ou que ocasionem risco à saúde humana, deve ser entendida como um dano ambiental, que possui caráter temporário, uma vez existindo técnica para sua remediação e esta não ser implementada e sanada. Logo se deveria exigir compensação ambiental pelo dano ocasionado temporalmente, que proporcionou prejuízos às funções e serviços ambientais e ecossistêmicos. Admitindo-se neste caso a aplicação de uma metodologia de valoração do dano como a realizada neste trabalho com o método DEPRN.

A partir dos valores obtidos para cada posto, pode-se observar que o Posto 3 apresenta um custo menor, isso ocorre pelo fato deste posto não estar localizado em Unidade de Conservação da Natureza, o que aumenta consideravelmente o valor final, representado por um aumento de 50% no valor do dano, i.e. R\$153.456,76 acrescidos a um valor que seria de R\$306.913,50 para os Postos 1 e 2, caso não estivessem associados à UC na avaliação do Aspecto Ambiental Água.

Esta abordagem generalizada sobre localização em relação à UC desenvolvida no método em estudo, além de proporcionar uma demasiada oneração sobre um único agravo, não demonstra sensibilidade de distinguir a relevância ambiental da Unidade de Conservação, levando por vezes até uma inversão de importância quando se avalia o caso do Posto 1, que por estar inserido em uma APA recebe pontuação igual a 3 para o agravo de localização em relação a UC para o Aspecto Água, em comparação ao caso do Posto 2, que está contíguo a uma AIRE, que também é uma UC do grupo de Uso Sustentável com a APA, mas que no caso em particular tem a finalidade específica de proteger o ambiente aquático e de ilhas do Rio Paraíba do Sul no local.

Esta fragilidade do método seria ainda mais acentuada se fosse considerado o conceito macro de bacia hidrográfica, ao invés de microbacia, pois na condição atual de instituição das Unidades de Conservação no Brasil, seria provavelmente indistinguível a localização à montante de uma UC para a localização à jusante dentro de uma mesma bacia hidrográfica. Fato este concreto no Estado do Rio de Janeiro devido à enorme distribuição e criação de unidades de conservação que se deu ao longo do estado, influenciado principalmente em função da legislação que instituiu o ICMS ecológico ou ICMS verde.

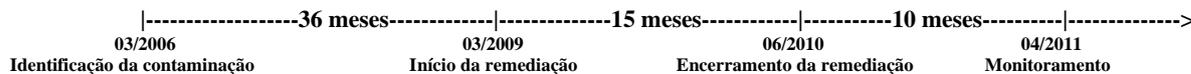
Como melhoria para o presente método poderia ser utilizado peso de agravo de localização da UC no Aspecto Água de uma forma diferenciada em função do Índice de Efetividade de Gestão das Unidades de Conservação, e/ou do grupo de classificação a que pertence, se Proteção Integral ou Uso Sustentável, e/ou do fim pretendido de proteção ao bem natural. Por exemplo sendo peso 3 se inserido em UC de proteção integral em qualquer de sua modalidade ou em UC de Uso Sustentável que tenha como finalidade principal a proteção do recurso hídrico, peso 2 se inserido em Zona de Amortecimento (ZA) ou em UC de Uso Sustentável ou a montante na mesma microbacia hidrográfica de qualquer UC, e peso 1 se a jusante na mesma bacia hidrográfica de qualquer UC, dispensando de pontuação nos demais casos.

A utilização de peso de agravo de localização da UC no Aspecto Água de uma forma diferenciada em função do Índice de Efetividade de Gestão das Unidades de Conservação, também é uma alternativa interessante, uma vez que a gestão das unidades de conservação gera

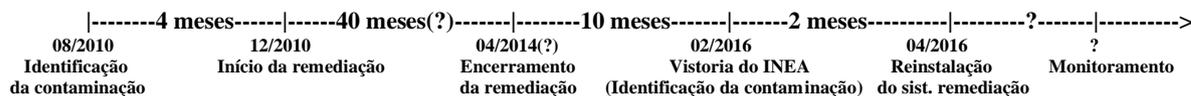
dividendos para o Estado, que seriam ainda mais asseverados devido aos danos ambientais ocasionados que possam afetá-las. Logo, como uma unidade com elevado índice de gestão reflete em maiores custos de manutenção proporcional a cada uma delas independente do índice de outras unidades, este refletiria também em um bom parâmetro para peso de agravo. Podendo ser dividida em quatro faixas de peso de agravo, peso 3 para localizado em UC ou ZA de UC com Índice superior a 75%, peso 2 para localizado em UC ou ZA de UC com Índice superior a 50% e inferior a 75%, peso 1 para localizado em UC ou ZA de UC com Índice superior a 25% e inferior a 50% e peso 0 para localizado em UC ou ZA de UC com Índice inferior a 25% ou fora de UC ou ZA.

Os resultados de valoração do dano ambiental obtidos no item anterior são valores estimados, visto que, somente o Posto 1 apresentou resultados aceitáveis após o período de 1 ano de operação do sistema de remediação. Já o Posto 2 ainda se encontra em processo de remediação e o Posto 3 sequer iniciou a remediação conforme mostram as linhas do tempo na Figura 11. Essa questão, leva ao questionamento em relação ao tempo para remediação “total” do dano ambiental causado e para iniciar a aplicação da técnica de remediação, pois, para o empreendedor, se não houver penalidade pela demora da instalação do sistema de remediação, não vale a pena aplicar imediatamente a técnica de remediação após constatação de contaminação, uma vez que o valor gasto para a remediação pode ser investido e, assim, ter um rendimento que seja mais vantajoso remediar com o lucro obtido no investimento, como demonstrado na Tabela 9.

Linha do tempo - Posto 1:



Linha do tempo - Posto 2:



Linha do tempo - Posto 3:



Figura 11 - Linha do tempo identificando as ações dos Postos 1, 2 e 3.

A seguir, na Figura 12, é apresentado um fluxograma do processo adequado para remediação e monitoramento das áreas contaminadas.

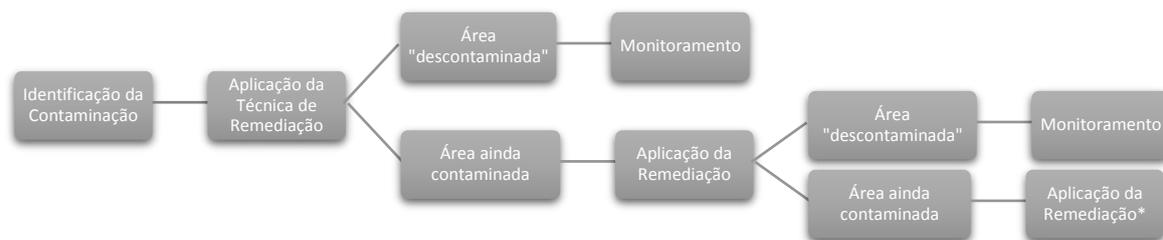


Figura 12 – Fluxograma do processo de remediação e monitoramento das áreas contaminadas. *O sistema de remediação deve operar até a área contaminada estar dentro dos limites aceitáveis de alterações.

Tabela 9 – Taxas de rendimento para comparação.

Indicadores	Rendimento Mensal** (jun/19)	Rendimento Anual** (2019)	Rendimento Anual** (2009)	Rendimento Acumulado** (12 meses)	Rendimento Acumulado** (36 meses)	Rendimento Acumulado** (60 meses)
CDI	0,47%	3,07%	9,9%	6,32%	28,84%	64,35%
POUPANCA	0,50%	3,04%	6,92%	6,17%	21,67%	41,63%
IBOVESPA*	4,06%	14,88%	82,66%	38,76%	95,95%	89,90%

*Taxa variável

**Taxas baseadas nos valores do site <http://minhaseconomias.com.br/blog/investimentos/resumo-do-mercado-financeiro>

Por exemplo, o Posto 1 demorou 36 meses para iniciar a remediação, considerando que o valor da recuperação de R\$95.910,47 tenha sido aplicado. No período de 36 meses, esse valor aplicado: na CDI, renderia R\$27.660, 58; na Poupança, R\$20.783,80; na IBOVESPA, R\$92.026,09. Sendo assim, seria mais vantajoso para o empreendedor aplicar esse valor, ao invés de realizar imediatamente a remediação após a identificação de contaminação.

Diante deste fato, visando uma maneira de incentivar o empreendedor a remediar a área contaminada assim que identificada a contaminação, seria aconselhável aplicar o método DEPRN somado de uma taxa de juros fixa que leve em consideração o tempo para remediação e o impacto ambiental causado.

Também vale ressaltar que, após a análise dos processos administrativos, foi possível observar muitas divergências com relação aos valores de ART. A ART do Posto 1 foi a única que apresentou um valor mais próximo ao serviço prestado. Essas divergências nos valores de ART devem ser levadas em consideração e um incentivo ao órgão ambiental estabelecer um banco de valores de base para esses estudos.

A exigência por parte do órgão ambiental da especificação dos valores monetários necessários à remediação da área contaminada não seria alternativa desproporcional ou infundada, uma vez que este já é um procedimento administrativo adotado no âmbito de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), instrumento do qual pode ser entendido como tendo sido viabilizado a criação do ato administrativo da Licença de Operação e Recuperação (LOR), que estarão submetidos os postos de abastecimentos com áreas contaminadas.

Antes da regulamentação na legislação ambiental do estado do Rio de Janeiro com o ato administrativo da Licença de Operação e Recuperação - LOR, a Licença de Operação (LO) só era emitida após um Termo de Ajuste de Conduta (TAC). A LOR é um ato administrativo de simplificação e de grande valia no enorme ordenamento burocrático existente na legislação nacional, podendo ser entendida como uma forma de simplificar o procedimento detalhado e moroso de um TAC, quando somente existir restrições de contaminação da área para o adequado desenvolvimento do empreendimento ou atividade, o que substituiria um instrumento que permite o funcionamento precário por meio de Autorização Ambiental (AA) para todas e quaisquer inadequações de um empreendimento ou atividade que estariam sujeitas a um TAC para sua operacionalização.

Em suma o TAC é aplicado para que a empresa sane as suas irregularidades em todas modalidades de forma concomitante a sua implantação ou operação, o que permite o sustento financeiro da atividade econômica viabilizando a reparação e adequação ambiental. Já a LOR permite que o empreendimento opere em condições precárias e se restringe a apenas inadequações referentes à contaminação. A LOR seria, portanto, uma derivada da AA para inadequação de contaminação ambiental.

Como a Licença de Operação e Recuperação (LOR) seria uma condição excepcional, ou uma espécie dentro do ato Autorização Ambiental (AA), emitido após firmar um Termo de Ajuste de Conduta (TAC), nem todos os preceitos que o TAC estabelece tem que ser necessariamente extinguido, tornando-se assim razoável e proporcional a exigência de especificação por parte do empreendedor do custo monetário da remediação que poderia ser exigido como condicionante da LOR.

Com isso, o órgão ambiental poderia exigir uma compensação pelos danos ocasionados no período que foi acometido enquanto a remediação da área não fosse sanada.

5. CONCLUSÕES

O método foi selecionado por apresentar metodologia simples, abrangente, e que leva em consideração tanto o valor de mercado da exploração do bem, quanto o valor de recuperação dos recursos que sofreram danos. Por isto, este método é aplicado aos quarenta e três laudos produzidos pela Polícia Federal, a fim de se obter uma comparação de valores que demonstrem a variação após a inclusão dos danos ambientais como forma de cálculo para as indenizações de crimes como estes.

Com os valores obtidos a partir do método, pode-se identificar que cada posto tem sua particularidade e que isso reflete no resultado final, como por exemplo, os postos 1 e 2 apresentaram o mesmo valor de R\$ 460.370,26, pois ambos estão localizados dentro de uma área de proteção ambiental, já o Posto 3 apresentou um valor menor de R\$ 306.913,50, por não estar localizado dentro de uma área de proteção. Então, pode-se concluir que o agravado "Localização" é de grande importância para os cálculos.

Sendo assim, é possível concluir que o método DEPRN pode ser aplicado na valoração de áreas contaminadas por postos de combustíveis a partir de informações contidas em processo administrativo de licenciamento ambiental, quando este é conduzido com a devida efetividade, o que facilita a aplicação do método além de reduzir custos como o de ida a campo. Além disso, a aplicação do método pode se constituir em um instrumento de gestão econômica a ser utilizado pelos órgãos ambientais para viabilizar e efetivar o gerenciamento de áreas

contaminadas que é estimulada a sua não realização pelo aspecto econômico nos procedimentos atuais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo feito, pode-se observar a necessidade de mais referências neste assunto e a aplicação de outros métodos para valorar o dano causado por postos de combustíveis e se a aplicação destes também é viável e eficaz apenas com as informações contidas nos processos administrativos. Além disso, é possível aprimorar o método DEPRN aplicando uma taxa de juros que leve em consideração o tempo da remediação da área contaminada.

Estudos posteriores devem ser feitos para definição de modelos e valorações de danos ambientais causados por postos de combustível, para aumentar a referência nesta área de grande impacto que vem crescendo intensamente, para que seja definida uma metodologia padrão de valoração dos danos ambientais, com intuito de garantir o meio ambiente saudável para as futuras gerações.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.786 - Estabelece os princípios gerais para seleção de equipamentos e sistemas para instalações subterrâneas de combustíveis em postos de serviço.** Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-6: Avaliação de bens – Parte 6: Recursos Naturais e Ambientais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 16p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 51p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15515-2: Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 23p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15515-3: Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3: Investigação Detalhada.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

CARPANEZZI, Fernando Bertol. **Estudo de caso: a valoração ambiental no ministério público do estado do Espírito Santo.** 2016. Curso de Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo.** 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2019/04/Texto-explicativo_dez-2018.pdf> Acesso em 12 set. 2019.

CONEMA. Conselho Estadual de meio Ambiente do Rio de Janeiro. **Resolução nº 44/2012. Dispõe sobre a obrigatoriedade da identificação de eventual contaminação ambiental do solo e das águas subterrâneas por agentes químicos, no processo de licenciamento ambiental estadual.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=249192>>

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº420/2009 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 20 set. 2018.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 20 mai. 2018.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº273, de 29 de novembro de 2000. **Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=271>> Acesso em: 24 set. 2018.

CONSTANTINO, M.A.; GRZEBIELUCKAS, C.; SANTOS, J. S. C.; NASCIMENTO, A. R. C.; RIBEIRO, M. A. **Valoração atribuída aos serviços ambientais de acordo com os diferentes métodos.** Revista desenvolvimento em Questão. Editora Unijui, ano 16, n.44, 2018.

CONSTANZA, R., et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital.** Nature; v. 387, p. 253-260,1997.

CORDIOLI, M. L. A. **Aplicação de diferentes métodos de valoração econômica do dano ambiental em um estudo de caso da perícia criminal do estado de Santa Catarina.** 2013. 154 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Florianópolis, 2013.

CORREIA, A. M. **Valoração econômica do dano ambiental em um estudo de caso de loteamento implantado.** 2015. 55 f. Monografia (especialização) - Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental, Centro Universitário Internacional - UNINTER, Curitiba, 2015.

COTRIM, J. **Modelos de valoração econômica de danos ambientais a partir de um estudo de caso.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná e Universität Stuttgart, Curitiba, 2012.

CRESTANA, S. **O impacto da degradação do solo na água.** O Estado de São Paulo, 24 jul. 2015. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,o-impacto-da-degradacao-do-solo-na-agua--imp-,1731039>> Acesso em 16 set. 2019.

ESPERANCINI, M.S.T. **Métodos de valoração e a função dose-resposta: dificuldades e viabilidade de aplicação em estudos de poluição**. HOLOS Environment, vol. 01, n. 01, 2001. P. 01-17.

FENKER, E. A. **Economia e Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.inbs.com.br/ead/Arquivos%20Cursos/ECAM/Capitulo%203/7%20-%20Degrada%23U00e7%23U00e3o%20Ambiental.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

FERREIRA, S.L.; SANTOS, A.M.; SOUZA, G.R. **Análise por cromatografia gasosa de btex nas emissões de motor de combustão interna alimentado com diesel e mistura diesel-biodiesel (B10)**. Quim. Nova, Vol. 31, No. 3, 539-545, 2008. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol31No3_536_14-AR07067.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

FOGAÇA, P. H. C; **Contaminação do lençol freático por hidrocarbonetos na região de Avaré. SP**. 2014. 174 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. UNESP-Bauru. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. 2014.

FURIO, P. R. **Valoração Ambiental: aplicação de métodos de valoração em empresas dos setores mineração, papel e celulose e siderurgia**. 2006. 114f. Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro, 2006.

IBAPE/SP. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Valoração de áreas ambientais**. Cartilha, 2015. Disponível em: <https://ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1541782035-Cartilha-Valoracao_de_Area_Ambiental.pdf> Acesso em: 15 out. 2018.

INEA. **Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado do Rio Janeiro**. Direção: Ana Cristina Rangel Henney – 2. ed., Rio de Janeiro, 2014.

INEA. **Postos de serviços – Orientações para controle ambiental**. Rio de Janeiro: INEA, - 2.ed. 2014b.

KASKANTZIS NETO, G. **Desempenho de Modelos de Valoração Econômica de Danos Ambientais Decorrentes da Contaminação do Solo: CATES; VCP; AHE; DEPRN**. MPMG Jurídico, Belo Horizonte, Edição especial, p. 31-37, 2011.

KASKANTZIS NETO, G. **Desempenho de Modelos de Valoração Econômica de Danos Ambientais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/282779100_Desempenho_de_modelos_de_valoracao_o_economica_de_danos_ambientais> Acesso em: 29 jan. 2019.

KING, D. M.; MAZZOTTA, M.J. **Ecosystem valuation**. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service and National Oceanographic and Atmospheric

Administration. 2000. Disponível em: <www.ecosystemvaluation.org> Acesso em: 15 abr. 2019.

LOPES, F.J.; FREIRE, F.S. **Métrica de Valoração Ambiental:: Uma percepção da gestão pública no município de Cavalcante.** ANPAD, 2014. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2014_EnANPAD_CON1546.pdf> Acesso em: 25 out. 2018.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas.** Organizadores: Sandra Lúcia de Moraes, Cláudia Echevengúá Teixeira, Alexandre Magno de Sousa Maximiano - 1. ed., São Paulo, 2014.

MAGLIANO, M. M. **Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 115 p.

MAIA, A. G. **Valoração de recursos ambientais: metodologia e recomendações.** Campinas, 2004.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: doutrina – jurisprudência – glossário.** São Paulo: Ed. RT, 2005.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/biodiversidade>> Acesso em: 15 mai. 2019.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido.** 2007. <Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/167/publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf> Acesso em 21 jun. 2019.

MOTTA, R. S. (org). **Contabilidade Ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil.** Rio de Janeiro: IPEA, v. 6, 126p. 1995.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1997.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

MOTTA, R.; MAY, P. H. **Valorando a Natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável.** Campinas: Editora Campus, 1995.

NOGUEIRA, J. M., MEDEIROS, M. A., ARRUDA, F. S. **Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 17, n. 2, p. 81-115, Maio/ago. 2000.

ONU, Organização das Nações Unidas Brasil. **Cerca de 25% dos solos do planeta estão degradados, revela relatório da FAO.** 28 out. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cerca-de-25-dos-solos-do-planeta-estao-degradados-revela-relatorio-da-fao/>. Acesso em 10 set. 2019.

ORTIZ, R. A. **Valoração econômica ambiental**, In: MAY, P; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. Economia do meio ambiente. Rio de Janeiro, 2003, p. 81-99.

POWERS, S.E.; HUNT, C.S.; HEERMANN, S.E.; COURSEUIL, H.X.; RICE, D. & ALVAREZ, P.J.J. **The transport and fate of ethanol and BTEX in groundwater contaminated by gasohol.** CRC Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 31, n. 1, p. 79-123, 2001(a).

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

RIBEIRO, G.D. **Valoração ambiental: síntese dos principais métodos.** Rio Claro, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Estadual Paulista, 2009.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 44.820, 2014. **Dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental - SLAM e dá outras providências.** Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-44820-2014-rj_270983.html

SANTANA, J.R.T. **Valoração econômica e conservação do meio ambiente: explorando a disposição a pagar de uma comunidade de baixa renda.** 2002, 89 p. Dissertação de Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente, Universidade de Brasília – UnB, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Economia, Brasília, 2002.

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

SILVA, J.A.F. **Sistematização e avaliação de técnicas de investigação aplicadas à caracterização e diagnóstico de área contaminada por hidrocarbonetos de petróleo.** 2002. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

SILVA, F.L.N.; SANTOS JUNIOR, J.R.S.; MOITA NETO, J.M.; SILVA, R.L.G.N.P. **Determinação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em gasolina comercializada nos postos do Estado do Piauí.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 1, 56-60, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n1/v32n1a11.pdf>

STEIGLEDER, ANNELEISE M. **Responsabilidade Civil Ambiental: As Dimensões do Dano Ambiental no Direito Brasileiro.** Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004.

TEIXEIRA, M. R. A. **Etapas de uma avaliação ambiental em área potencialmente contaminada – Investigação Preliminar, Confirmatória e Detalhada.** 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2013.

YAMASAKI, M. **Novo Panorama Ambiental Global da ONU alerta: sobrevivência na Terra está ameaçada.** Jornal da USP, 12 mar. 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/novo-panorama-ambiental-global-da-onu-estabelece-desafios-para-o-mundo/>. Acesso em: 10 set. 2019.

8. ANEXOS

A - Mapa do controle de áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro

B - Método DEPRN - Critérios de qualificação de agravos

Anexo A - Mapa do controle de áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro

Anexo B - Método DEPRN - Critérios de qualificação de agravos

1) AR

- Toxicidade da emissão (baseada na literatura)
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposta = 1
- Proximidade de centros urbanos
 - Centro urbano (com população ≥ 60.000 hab), distante até 10km = 2
 - Centro urbano (com população ≥ 60.000 hab), distante até 25km = 1
- Localização em relação a área protegida (unidades de conservação)
 - Dentro da área = 2
 - Sob influência = 1
- Comprometimento do aquífero, decorrente do dano ao ar
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano ao ar
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano ao ar
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Dano ao patrimônio cultural histórico, artístico, arqueológico e turístico e/ou a monumentos naturais, decorrente do dano ao ar
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Alteração da qualidade do ar
 - Estado de emergência = 3
 - Estado de Alerta = 2
 - Estado de Atenção ou péssimo = 1
- Previsão de reequilíbrio (quando não é possível a previsão do prazo, utilizar o critério de custo de recuperação ou custo dos equipamentos preventivos)
 - Prazo:
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3 ou,
 - Custo:
 - Baixo custo = 1
 - Médio custo = 2
 - Alto custo = 3

2) ÁGUA

- Toxicidade da emissão (baseada na literatura)
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposta = 1
- Comprometimento do aquífero

- Comprovado = 3
- Fortes indícios = 2
- Suposto = 1
- Localização em relação as áreas protegidas (unidades de conservação). OBS: no presente estudo foi considerado a localização em relação à microbacia hidrográfica dada a potencialidade limitada de contaminação das atividade de postos de abastecimentos.
 - Dentro = 3
 - Na mesma bacia hidrográfica à montante = 2
 - Na mesma bacia hidrográfica à jusante = 1
- Dano ao solo e/ou subsolo, decorrente do dano à água
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à água
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano à água
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Dano ao patrimônio cultural histórico, artístico, arqueológico e turístico e/ou a monumentos naturais, decorrente do dano à água
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Alteração da classe do corpo hídrico (baseado na Resolução do CONAMA)
 - Comprovado = 3
- Alteração na vazão / volume de água
 - Significativa = 2
 - Não significativa = 1
- Previsão de reequilíbrio na condição natural (quando não é possível a previsão do prazo, utilizar o critério de custo de recuperação ou custo dos equipamentos preventivos)
 - Prazo:
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3 ou,
 - Custo:
 - Baixo custo = 1
 - Médio custo = 2
 - Alto custo = 3

3) SOLO E SUBSOLO

- Toxicidade da emissão (baseada na literatura)
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposta = 1
- Comprometimento do aquífero, decorrente do dano ao solo/subsolo
 - Comprovado = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1

- Localização em relação às áreas protegidas
 - Totalmente inserido = 2
 - Parcialmente inserido = 1
- Assoreamento de corpos hídricos
 - Grande intensidade = 3
 - Média intensidade = 2
 - Pequena intensidade = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano ao solo/subsolo
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano ao solo/subsolo
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Dano ao patrimônio cultural histórico, artístico, arqueológico e turístico e/ou a monumentos naturais, decorrente do dano ao solo/subsolo
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Objetivando a comercialização
 - Atividade principal ou secundária = 1
- Alteração na capacidade de uso da terra
 - Em mais de uma classe (p/ex: classe 1 para 3) = 3
 - Em uma classe = 2
 - Na mesma classe de uso (subclasses) = 1
- Danos ao relevo (alteração da declividade, desmoronamento, etc)
 - Ocorrido = 3
 - Grande risco = 2
 - Pequeno risco = 1
- Previsão de reequilíbrio na condição natural (caso não haja possibilidade de previsão do prazo, utilizar os critérios de custo)
 - Prazo:
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3 ou,
 - Custo:
 - Baixo custo (menor que o da exploração) = 1
 - Médio custo (equivalente ao da exploração) = 2
 - Alto custo (maior que o da recuperação) = 3

4) FAUNA

- Localização em relação às áreas protegidas
 - Dentro = 3
 - No raio de ação do animal = 2
- Ocorrência de espécies ameaçadas de extinção (Baseada na Portaria do IBAMA nº1522 de 19/12/89)
 - Comprovada = 3
 - Suposta = 2
- Ocorrência de espécies endêmicas

- Comprovada = 2
 - Suposto = 1
- Ocorrência de Fêmeas
 - Prenhas ou ovadas = 3
 - Comprovada = 2
 - Suposto = 1
- Objetivando comercialização
 - Atividade principal = 3
 - Atividade secundária = 2
- Importância relativa
 - Espécie que não se reproduz em cativeiro = 3
 - Espécie que se reproduz em cativeiro = 2
 - Espécie criada comercialmente = 1
- Morte ou dano à flora, decorrente do dano à fauna
 - Comprovado = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Alteração nos nichos ecológicos
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Previsão de reequilíbrio natural (caso não haja possibilidade de previsão de prazo, utilizar como critério as espécies
 - Prazo:
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3 ou,
 - Espécies:
 - Outras espécies = 1
 - Espécies endêmicas = 2
 - Espécies ameaçadas = 3

5) FLORA

OBS: Para maciços maiores que 0,1ha, deve-se analisar os danos aos indivíduos e a comunidade.

- Localização em relação às áreas protegidas
 - Totalmente inserido = 3
 - Parcialmente inserido = 2
- Ocorrências de espécies ameaçadas de extinção (Portaria IBAMA nº 1522 de 19/12/89)
 - Comprovada = 3
 - Suposta = 2
- Ocorrência de espécies endêmicas (baseado em literatura)
 - Real ocorrência = 3
 - Suposta ocorrência = 2
- Favorecimento à erosão
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2

- Suposta = 1
- Dano ao patrimônio cultural histórico, artístico, arqueológico e turístico e/ou a monumentos naturais, decorrente do dano à flora
 - Comprovado = 2
 - Suposto = 1
- Objetivando a comercialização
 - Atividade principal = 2
 - Atividade secundária = 1
- Morte ou dano à fauna, decorrente do dano à flora
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Importância relativa. Possibilidade de ocorrência na região de parcela similar qualitativamente e quantitativamente à área degradada (estudar o aspecto paisagem)
 - Área 30 vezes maior que a área degradada = 3
 - Área entre 10 e 30 vezes a área degradada = 2
 - Área até 10 vezes maior a área degradada = 3
- Alteração nos nichos ecológicos
 - Comprovada = 3
 - Fortes indícios = 2
 - Suposto = 1
- Previsão de reequilíbrio (caso não seja possível a previsão de prazo, analisar o estágio de regeneração).
 - Prazo:
 - Curto prazo = 1
 - Médio prazo = 2
 - Longo prazo = 3 ou,
 - Estágio de regeneração:
 - Inicial = 1
 - Médio = 2
 - Avançado = 3

6) PAISAGEM

- Localização em relação a área e/ou município protegido (unidade de conservação)
 - Dentro = 3
- Proximidade de centros urbanos
 - Centro urbano com população \geq a 60.000 hab, distante até 10km = 3
 - Centro urbano com população \geq a 60.000 hab, distante até 25km = 2
 - Centro urbano com população \geq a 60.000 hab, distante até 50km = 1
- Reversão do dano
 - Alto custo = 3
 - Médio custo = 2
 - Baixo custo = 1
- Comprometimento do aquífero (estudar o aspecto água)
 - Diretamente relacionado = 2

- Não diretamente relacionado = 1
- Comprometimento do solo / subsolo (estudar o aspecto solo/subsolo)
 - Diretamente relacionado = 2
 - Não diretamente relacionado = 1
- Morte ou dano à fauna (estudar o aspecto fauna)
 - Diretamente relacionado = 2
 - Não diretamente relacionado = 1
- Morte ou dano à flora (estudar o aspecto flora)
 - Diretamente relacionado = 2
 - Não diretamente relacionado = 1
- Dano ao patrimônio cultural, histórico, artístico, arqueológico e turístico, e/ou cultural
 - Tombado pelo CONDEPHAAT = 2
 - Não tombado = 1