

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

Dissertação de Mestrado

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO PARA
INTERVENÇÃO EM ÁREAS POTENCIALMENTE
CONTAMINADAS

Rodrigo da Cruz

Passo Fundo
2020



Rodrigo da Cruz

**ANÁLISE DOS MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO PARA
INTERVENÇÃO EM ÁREAS POTENCIALMENTE
CONTAMINADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Thomé.

Passo Fundo
2020

CIP – Catalogação na Publicação

C957a Cruz, Rodrigo da
Análise dos métodos de priorização para intervenção em
áreas potencialmente contaminadas [recurso eletrônico] /
Rodrigo da Cruz. – 2020.
3.8 MB ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Thomé.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) –
Universidade de Passo Fundo, 2020.

1. Gerenciamento de áreas contaminadas. 2. Industrias –
Aspectos ambientais. 3. Solos - Poluição. 4. Mapeamento do
solo. I. Thomé, Antônio, orientador. II. Título.

CDU: 628.54

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

Rodrigo da Cruz

**ANÁLISE DOS MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO PARA
INTERVENÇÃO EM ÁREAS POTENCIALMENTE
CONTAMINADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Data da Defesa: 30 de abril de 2020

Membros componentes da banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Thomé
Orientador

Prof. Dr. Pedro D. M. Prietto
Universidade de Passo Fundo

Profa. Dra. Luciana Londero Brandli
Universidade de Passo Fundo

Profa. Dra. Maria Eugênia Boscov
Universidade de São Paulo

Passo Fundo
2020

RESUMO

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) abrange desde a identificação de áreas com potencial de contaminação até a reabilitação da área contaminada. Como primeira etapa do GAC, a identificação de áreas potencialmente contaminadas (APs) visa identificar todas as áreas, em uma região de interesse, que apresentam potencial de contaminação e, a partir dessa identificação, é realizada a investigação confirmatória, com finalidade de confirmar ou não a contaminação. Contudo, a partir da identificação, os gestores responsáveis dispõem de um grande número de APs para etapa de investigação confirmatória, sendo um obstáculo para os municípios brasileiros avaliar todas essas áreas. Assim sendo, torna-se necessário priorizar as APs com o maior potencial de impactar os receptores e que devem ser submetidas primeiramente a etapa de investigação confirmatória. Portanto, buscou-se analisar os métodos de priorização de APs para a etapa de investigação confirmatória. Para tanto, o trabalho está dividido em três etapas. A primeira etapa compreendeu no levantamento dos métodos nacionais e internacionais para a priorização de APs, por meio de revisão bibliográfica e consulta a base de dados de órgãos oficiais nacionais e internacionais; na segunda etapa realizou-se a aplicação dos métodos com a finalidade de priorizar as APs identificadas e mapeadas na área urbana do município de Erechim/RS. A terceira etapa consistiu na análise dos métodos comparando os resultados de priorização. Foram levantados cinco métodos passíveis de aplicação para priorização de APs. Dentre os métodos aplicados três adotam critérios de ponderação e duas indicam critérios, porém sem ponderação. Três métodos indicaram um conjunto de áreas prioritárias, enquanto duas indicaram apenas uma AP prioritária. Os métodos indicaram áreas distintas de priorização, com exceção de duas áreas com atividades de fabricação de produtos químicos e armazenamento de combustíveis que foram indicadas como prioritárias por três e duas métodos respectivamente. Os métodos apresentaram critérios semelhantes para priorização, no tocante a análise das atividades desenvolvidas nas áreas potenciais, avaliando atributos do meio físico e social. Os resultados da priorização contribuem no desenvolvimento de ações articuladas entre as diversas instituições governamentais e não governamentais para gerenciamento dessas áreas.

Palavras-chave: investigação confirmatória, inventário, gerenciamento de áreas contaminadas, sistema de informação geográfica, métodos de priorização, mapeamento.

ABSTRACT

Contaminated Sites Management (CSG) ranges from identifying areas with potential contamination to rehabilitation of the contaminated area. As the first step of the CSG, the identification of potentially contaminated sites (APs) aims to identify all areas, in a region of interest, which have potential for contamination and, from this identification, confirmatory investigation is carried out, in order to confirm or not contamination. However, based on identification, responsible managers have a large number of APs for the confirmatory research stage, being an obstacle for Brazilian municipalities to evaluate all these areas. Therefore, it is necessary to prioritize APs with the greatest potential to impact receptors and that should be submitted primarily to the confirmatory research stage. Therefore, we sought to analyze the methods of prioritization of APs for the confirmatory research stage. To do so, the work is divided into three steps. The first stage was included in the survey of national and international methods for the prioritization of APs, through bibliographic review and consultation of the database of national and international official bodies; in the second stage, the method were applied in order to prioritize the aps identified and mapped in the urban area of the municipality of Erechim/RS. The third stage consisted of the analysis of methods comparing the results of prioritization. Five methods that can be applied for prioritization of APs were raised. Among the methodologies applied three adopt weighting criteria and two indicate criteria, but without weighting. Three method indicated a set of priority areas, while two indicated only one priority AP. The methods indicated distinct areas of prioritization, with the exception of two areas with chemical manufacturing activities and fuel storage that were indicated as priorities by three and two methodologies respectively. The methods presented similar criteria for prioritization, regarding the analysis of the activities developed in the potential areas, evaluating attributes of the physical and social environment. The results of prioritization contribute to the development of actions articulated between the various governmental and non-governmental institutions for the management of these sites.

Keywords: confirmatory investigation, inventory, contaminated sites management, geographic information system, prioritization method, mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das etapas do gerenciamento das áreas potencialmente contaminadas	22
Figura 2 - 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	30
Figura 3 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável relacionados ao GAC.....	31
Figura 4 - Etapas da pesquisa	32
Figura 5 - Fontes de pesquisa consultadas.	33
Figura 6 - Critérios para seleção de material a ser analisado.	34
Figura 7 - Localização da área de estudo.	35
Figura 8 - Distribuição espacial das APs na área urbana do município de Erechim/RS.....	36
Figura 9 - Órgãos consultados e dados coletados.....	37
Figura 10 - Zoneamento de Uso do Solo Urbano do município de Erechim/RS.	39
Figura 11 - Densidade Populacional da área urbana do Município de Erechim/RS.	41
Figura 12 - Concentração dos Grupos Vulneráveis na Área Urbana de Erechim/RS.	42
Figura 13 - Hidrografia e Bacias hidrográficas na área urbana do município de Erechim/RS.	43
Figura 14 - Distribuição das Áreas Protegidas na área urbana do município de Erechim/RS.	44
Figura 15 - Uso e Cobertura do Solo do distrito sede do Município de Erechim/RS.	49
Figura 16 - Interface inicial da Planilha de Priorização das APs.	50
Figura 17- Interface contendo parte da base de dados das APs.....	51
Figura 18 - Interface com os métodos de priorização de APs.	51
Figura 19 - Interface do processo de priorização por um dos métodos analisados.	52
Figura 20 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção - Zabeo et al. (2011).	64
Figura 21 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção - EEA.....	66
Figura 22 - Áreas prioritárias para intervenção - CETESB.....	67
Figura 23 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção – EPA.	68
Figura 24 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção – NBR 15.515.....	69
Figura 25 - Componentes da avaliação de risco para priorização.	71
Figura 26 - Principais critérios analisados pelos métodos de priorização de APs.	72
Figura 27 - Comparação da distribuição das áreas prioritárias para intervenção.....	78
Figura 28 - Áreas indicadas prioritárias simultaneamente por mais de um método.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios, descrição classe e pontuação para priorização das APs.....	58
Tabela 2 – Critérios de descrição e pontuação para priorização das APs.	60
Tabela 3 - Critérios descrição e pontuação para priorização das APs conforme NBR 15.515.63	
Tabela 4 - Coordenadas Geográficas das APs prioritárias para intervenção – Zabeo et al.....	65
Tabela 5 – Coordenada Geográfica da AP prioritárias para intervenção – EEA.	66
Tabela 6 - Coordenadas Geográficas das APs prioritárias para intervenção - CETESB.	67
Tabela 7 - Coordenada Geográfica da AP prioritárias para intervenção – EPA.	68
Tabela 8 - Coordenadas Geográficas das APs prioritárias para intervenção – NBR 15.515. ...	70
Tabela 9 - Áreas indicadas prioritárias simultaneamente por mais de um método.	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Legislação Brasileira.....	15
2.2 Áreas Contaminadas.....	17
2.3 Gerenciamento de Áreas Contaminadas.....	18
2.3.1 Etapas do gerenciamento de áreas contaminadas	21
2.3.2 Atividades potencialmente poluidoras.....	23
2.3.3 Identificação de áreas potencialmente contaminadas	23
2.4 Priorização de Áreas Potencialmente Contaminadas.....	26
2.5 Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	28
2.6 Agenda do Desenvolvimento Sustentável e o Gerenciamento de Áreas Contaminadas...	30
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 Levantamento dos métodos.....	32
3.2 Aplicação dos métodos.....	35
3.2.1 Área de estudo	35
3.2.2 Levantamento de dados	36
3.2.2.1 Prefeitura Municipal de Erechim/RS.....	38
3.2.2.2 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	41
3.2.2.3 Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais - IEDE	42
3.2.2.4 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	47
3.2.3 Processamento de dados	49
3.2.4 Métodos de priorização	52
3.2.4.1 Método Proposto por ZABEO et al. (2011).....	53
3.2.4.2 Agência Ambiental Europeia - EEA	53
3.2.4.3 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB.....	54
3.2.4.4 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA	54
3.2.4.5 Avaliação preliminar de passivo ambiental – NBR 15515.....	55
3.3 Análise das métodos.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1 Levantamento dos Métodos.....	57
4.1.1 Método Proposto por ZABEO et al. (2011).....	57
4.1.2 Agência Ambiental Europeia - EEA	59
4.1.3 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB	61
4.1.4 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA	61
4.1.5 Avaliação preliminar de passivo ambiental – NBR 15.515.....	63

4.2 Aplicação dos métodos.....	64
4.2.1 Método Proposto por ZABEO et al. (2011).....	64
4.2.2 Agência Ambiental Europeia - EEA	65
4.2.3 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB	66
4.2.4 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA.....	68
4.2.5 Avaliação preliminar de passivo ambiental – NBR 15.515.....	69
4.3 Análise dos Métodos.....	71
5 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
APÊNDICES.....	88
APÊNDICE A - Recomendações de procedimentos para priorização de APs.....	89

1 INTRODUÇÃO

A priorização de intervenção em áreas potencialmente contaminadas (APs) consiste em indicar qual AP deve ser submetida a investigação confirmatória de maneira prioritária. Essa etapa é complementar ao mapeamento de áreas potencialmente contaminadas, e se embasa na identificação dos locais com provável contaminação (CETESB, 2001). As APs são locais onde foram ou estão sendo desenvolvidas atividades potencialmente contaminadoras, por meio de manejo de substâncias, com características que possam acarretar danos à saúde da população e ao meio ambiente, caso entrem em contato com os mesmos, passando então a ser uma área contaminada (MORAES et al., 2013). Entre as principais causas de contaminação destaca-se a disposição inadequada de resíduos e emissões ocorridas no passado e atualmente, ao manejo incorreto de substâncias perigosas nos processos industriais, a vazamentos e acidentes, desativação incompleta de empreendimentos com potencial poluidor, além do armazenamento e estocagem inadequada de produtos químicos no solo, devido o mesmo ter sido considerado por muito tempo um receptor ilimitado de materiais descartáveis, com capacidade de atenuação das substâncias nocivas (CETESB, 2013).

A contaminação de solos e águas subterrâneas por fontes pontuais é um problema em todo o mundo, geralmente associado a atividades atuais, como plantas industriais, e atividades que não estão mais em operação, ou ainda por fatos pontuais como acidentes industriais e eliminação de resíduos com potencial de contaminação (PIZZOL et al., 2011).

A origem das áreas contaminadas está relacionada ao desconhecimento, em épocas passadas, de procedimentos seguros para o manejo de substâncias perigosas; ao desrespeito a esses procedimentos seguros, e à ocorrência de acidentes ou vazamentos durante o desenvolvimento dos processos produtivos, de transporte ou de armazenamento de matérias primas e produtos (CETESB, 2013).

Diante do desenvolvimento das atividades econômicas, comerciais e industriais com potencial poluidor, aliado ao crescimento populacional e concentração das populações em áreas urbanas, surge discussões sobre o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico, pois a existência de uma área contaminada pode gerar problemas aos bens que devem ser protegidos conforme a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei Federal nº 6.938 de agosto de 1981, a saber:

- a) Saúde e o bem-estar da população;
- b) Fauna e a flora;
- c) Qualidade do solo, das águas e do ar;

- d) Interesses de proteção à natureza/paisagem;
- e) Ordenação territorial e planejamento regional e urbano;
- f) Segurança e ordem pública.

A preocupação com as áreas contaminadas teve início a partir da década de 70. Segundo Beaulieu (1998), apenas entre os anos 1970 e 1980 o mundo industrializado começou a tomar conhecimento dos problemas causados pelas áreas contaminadas, quando surgiram políticas e legislações referentes ao tema, inicialmente em países como Canadá, Estados Unidos e integrantes da Comunidade Europeia. O problema das áreas contaminadas fez com que agências internacionais desenvolvessem mecanismos de gerenciamento desses locais. A partir dos anos 1970-1980, órgãos ambientais como a *European Environment Agency* (EEA) iniciaram processo de identificação, diagnóstico e remediação de áreas contaminadas. Atualmente são estimados 3 milhões de locais potencialmente contaminados, em 39 países do continente Europeu (EEA, 2019).

A Legislação Ambiental referente ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Brasil foi instituída pela Resolução do Conama nº 420, de dezembro de 2009, que 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 (BRASIL, 2009). Alguns estados brasileiros, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, possuem políticas próprias e trabalhos específicos sobre a contaminação do solo no que tange ao seu gerenciamento.

No ano de 2002, a Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB), divulgou a primeira lista de áreas contaminadas, registrando a existência de 255 áreas contaminadas no Estado. Atualmente o cadastro conta com 6.285 Áreas Contaminadas sendo 1.775 reabilitadas para uso declarado e 1.429 em processo de remediação (CETESB, 2020). Além disso, com objetivo de orientar o procedimento para o gerenciamento de áreas contaminadas a Cetesb, publicou no ano de 2001, o manual de gerenciamento de áreas contaminadas, descrevendo como deverão ser conduzidas todas as etapas do processo de identificação até a reabilitação, assim como a desativação empreendimentos e a reutilização de áreas que abrigam ou abrigaram atividades com potencial de contaminação. Recentemente o procedimento de gerenciamento de áreas contaminadas passou por revisão por meio da Decisão de Diretoria nº 038/2017/c, de 07 fevereiro de 2017.

Como etapa do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), a identificação das áreas potencialmente contaminadas exerce papel fundamental, uma vez que indica quais áreas apresentam potencial de contaminação, que devem passar para a etapa de investigação

confirmatória, que tem como objetivo confirmar ou não a existência de contaminação, e verificar a necessidade da realização de uma investigação detalhada. Em princípio, todas as APs identificadas deveriam ser investigadas, visando levantar subsídios para realização de uma avaliação de risco e projeto de remediação. Há, entretanto, casos em que se torna difícil a identificação do responsável pela contaminação ou, quando identificados, esses não possuem condições financeiras para arcar com as despesas relativas as etapas subsequentes do GAC (CETESB, 2001).

De acordo com Günther (2006), há ausência de um sistema para tratamento dos dados sobre áreas potencialmente contaminadas, que possibilite conhecimento detalhado de suas características, distribuição espacial e também de métodos de priorização de APs adequados para aplicação em grande parte dos municípios brasileiros. Por consequência da falta de gestão, muitos locais potencialmente contaminados são ocupados pela população, sem qualquer ação de gerenciamento, o que pode gerar problemas ambientais e de saúde pública.

Rampanelli (2017), com objetivo de selecionar um método para identificação e quantificação de APs, analisou métodos nacionais e internacionais e propôs a aplicação da metodologia CETESB, como a mais adequada para a identificação de áreas potencialmente contaminadas em ambientes urbanos. Por meio desta metodologia são identificadas, dentro da região de interesse, as atividades potencialmente contaminadoras desenvolvidas além de informações de possível contaminação. Se a avaliação indicar indícios de contaminação na área, será então, realizada a investigação confirmatória, que confirmará ou não a contaminação (CETESB, 2001).

Apesar da preocupação em relação às áreas contaminadas, apenas o trabalho de Balestrin (2018) realizou o mapeamento das áreas potencialmente contaminadas no Estado do Rio Grande do Sul, identificando 770 APs na área urbana do município de Erechim/RS. Contudo essa abordagem não prioriza dentre as APs mapeadas indicando quais áreas devem passar para etapa de investigação confirmatória primeiro considerando que a realização da investigação confirmatória em todas as APs torna-se uma etapa onerosa aos entes públicos, devido à disponibilidade limitada de recursos técnicos-financeiros, não sendo viável investigar todas as APs.

Van-Camp et al. (2004) destaca a inviabilidade de investigar todas as áreas potencialmente contaminadas, devido a limitada disponibilidade de recursos, sendo que a atenção deve ser dada principalmente para aqueles locais que têm um alto potencial de contaminação, que são identificados por meio de métodos de classificação e priorização. A realização desses estudos permite diagnosticar e priorizar as áreas potencialmente

contaminadas contribuindo no planejamento das ações governamentais, atuando como instrumento de alerta e orientação para o gerenciamento dessas áreas.

Portanto a partir da identificação das áreas potencialmente contaminadas, os gestores responsáveis dispõem de um grande número de áreas a serem gerenciadas, sendo um obstáculo para os municípios brasileiros avaliar todas as APs, devido a limitações orçamentárias e técnicas. Nesse desafio torna-se necessário identificar e analisar os métodos que permitem priorizar as APs que devem passar para a etapa de investigação confirmatória prioritariamente, contribuindo como suporte na tomada de decisão a partir de evidências resultantes de pesquisas científicas.

A partir dessa realidade o problema que esse estudo busca responder é se existem métodos de priorização para intervenção em APs? Quais seriam os métodos e quais as diferenças nos critérios analisados bem como nos resultados de priorização?

Diante do exposto, objetivou-se identificar e analisar os métodos de priorização de áreas potencialmente contaminadas para a etapa de investigação confirmatória. Para tanto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os métodos existentes para priorização das APs desenvolvidas e aplicadas a nível nacional e internacional;
- b) Aplicar os métodos nas APs mapeadas na área urbana do município de Erechim/RS;
- c) Analisar os métodos de priorização de APs quanto a sua aplicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresenta a delimitação do tema da pesquisa, abordando definições sobre áreas contaminadas e as etapas que envolvem o seu gerenciamento, incluindo a priorização de intervenção em APs como etapa posterior à identificação das APs.

2.1 Legislação Brasileira

A legislação brasileira vem ao longo dos anos estabelecendo dispositivos que garantam a qualidade ambiental. O marco para as questões ambientais no Brasil foi a edição de Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei Federal nº 6.938 de agosto de 1981. Os objetivos da PNMA são, a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, além de compatibilizar o desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico e a obrigação ao poluidor de recuperar e/ou indenizar os danos causados. A referida Lei estabelece em seus instrumentos a avaliação de impactos ambientais e licenciamento de atividades potencialmente poluidoras. Outro marco jurídico é especificado pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº. 001 de janeiro de 1986 que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para avaliação de impacto ambiental, caracterizando no art. 1º como impacto ambiental “...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; biota; condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.”

No que tange ao GAC, a referência jurídica é apresentada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº. 420 de dezembro de 2009 que 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. Estabelecendo aos órgãos ambientais a responsabilidade em instituir os procedimentos e ações para o gerenciamento de áreas contaminadas fixando a necessidade de contemplar as etapas de: identificação de áreas suspeitas de contaminação; diagnóstico da área abrangendo a investigação confirmatória a fim de subsidiar a etapa de intervenção que executa ações de controle para a eliminação do perigo.

Em relação a priorização para as etapas do GAC, o art. 30 estabelece que os órgãos ambientais competentes devem planejar suas ações, observando para a priorização os seguintes aspectos:

- I. População potencialmente exposta;
- II. Proteção dos recursos hídricos; e
- III. Presença de áreas de interesse ambiental.

Compete mencionar que os órgãos ambientais são responsáveis por estabelecerem seus métodos, observando os critérios relacionados de forma a direcionar as ações de gerenciamento.

Cabe ressaltar que os bens a serem protegidos conforme a, Lei Federal nº 6.938 de agosto de 1981 são:

- g) Saúde e o bem-estar da população;
- h) Fauna e a flora;
- i) Qualidade do solo, das águas e do ar;
- j) Interesses de proteção à natureza/paisagem;
- k) Ordenação territorial e planejamento regional e urbano;
- l) Segurança e ordem pública.

Dessa forma, verifica-se a necessidade em estabelecer métodos para gestão de áreas contaminadas, observando os bens que devem ser protegidos em especial a saúde e bem-estar da população.

No tocante as sanções penais e administrativas, as questões de contaminação estão incorporadas em legislações anteriores a Resolução Conama nº. 420, como verificado na Lei Federal nº 9.605 de fevereiro de 1998 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, chamada da Lei de Crimes Ambientais; e o Decreto nº 6.514 de julho de 2008 que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelecendo o processo administrativo federal para apuração destas infrações. Que estabelecem no art. 54 e art. 61 respectivamente, que causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: Pena – reclusão, de um a quatro anos, e multa que varia de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais).

Considerando que grande parte das empresas cumprem o mínimo exigido por lei a custo mínimo, sem política ambiental proativa, surgem diversos passivos ambientais devido as atividades que foram desenvolvidas em períodos que não havia regulação na questão de disposição de resíduos e desenvolvimento dos processos e que atualmente necessitam de

intervenção para reduzir ou eliminar os riscos à saúde humana e meio ambiente. Cenário distinto das atividades atuais com modelo, onde principalmente empresas globais, desenvolvem suas atividades prezando pelo desempenho sustentável, e todos os processos são gestados focados na questão ambiental e melhoria contínua.

2.2 Áreas Contaminadas

O meio ambiente sofre as consequências da poluição desde que o homem começou a desenvolver suas atividades produtivas de forma organizada, associadas a processos industriais de transformação, extração, estocagem e manuseio de matérias-primas e de seus produtos, entre outros. Destaca-se neste cenário, o papel da revolução industrial ocorrida no século XVIII pela qual se deu a transição dos métodos de produção artesanais por processos conduzidos por máquinas, com o aumento expressivo do consumo de recursos naturais e a fabricação de novos produtos químicos. O meio ambiente passou a ser o depósito de todos os resíduos e substâncias químicas advindos do processo de industrialização. Desta ação surgiram as áreas contaminadas (AC) e inúmeros impactos negativos sobre a saúde humana e ao ambiente (MORAES et al., 2013).

O surgimento de áreas contaminadas está geralmente associado a instalações industriais aterros sanitários e outras instalações em operação ou desativadas. Os contaminantes podem acumular-se de tal forma que afetam as funções do solo, migram para as águas subterrâneas e superficiais sendo capaz de afetar o abastecimento de água potável e os ecossistemas aquáticos (EC, 2006).

Segundo Moraes et al. (2013), área contaminada é a área que contém substâncias em níveis que não estariam normalmente presentes. Essas substâncias podem ser elementos químicos, compostos orgânicos, gases como o dióxido de carbono ou metano, ou até mesmo nutrientes de plantas como nitrogênio e fósforo.

A contaminação do solo é frequentemente difícil de detectar porque os seus efeitos são limitados ou atenuados pelas funções naturais dos solos, em particular armazenando, degradando ou imobilizando poluentes. A diversidade de tipos de solo e propriedades do solo também influencia na identificação da contaminação do solo. Além disso, a diversidade de contaminantes e sua biodisponibilidade, persistência e toxicidade, depende de suas propriedades químicas (ZABEO et al., 2011).

Frequentemente, os corpos de água também são afetados pela contaminação do solo. Quando os produtos químicos percolam nas águas subterrâneas, ou se o contaminante alcança

córregos, lagos ou oceanos, aqueles corpos da água atuam então como uma fonte de contaminação transportando contaminantes (PIZZOL et al., 2011).

Na Europa as principais atividades que causam contaminação do solo estão distribuídas em 41,4% na produção industrial e serviço comercial, 15,2% disposição de resíduos, 14,1%, indústria de óleo e resíduos industriais 7,3%, somadas as mesmas correspondem a 78% das fontes de contaminação (EEA, 2018).

Os primeiros casos de áreas contaminadas surgiram na década de 1980, como por exemplo com o caso de contaminação “*Love Canal*” nos EUA. A partir desse período, EUA e alguns países da Comunidade Europeia, estabeleceram políticas públicas com legislações e diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas.

2.3 Gerenciamento de Áreas Contaminadas

O gerenciamento de áreas contaminadas, tem por finalidade, minimizar os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos por elas causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas (CETESB, 2001).

Para a adequada compreensão do Gerenciamento de Áreas Contaminadas é necessário o entendimento de algumas definições conforme indicado pelo Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB.

- a) Poluição: degradação da qualidade ambiental.
- b) Contaminação: introdução no meio ambiente de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos, em concentrações que possam afetar a saúde humana. É um caso particular de poluição.
- c) Fonte de contaminação: Local onde foi gerada a contaminação ou onde funciona ou funcionou uma atividade potencialmente contaminadora.
- d) Atividade potencialmente contaminadora: aquela em que ocorre o manejo de substâncias cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem acarretar danos aos bens a proteger.
- e) Área potencialmente contaminada (AP): área onde estão sendo ou foram desenvolvidas atividades potencialmente contaminadoras.

- f) Área suspeita de contaminação (AS): área na qual, após a realização de uma avaliação preliminar, foram observadas indicações que induzem a suspeitar da presença de contaminação.
- g) Área contaminada (AC): área onde há comprovadamente poluição causada por quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados, e que determinada impactos negativos sobre os bens a proteger.

O gerenciamento de áreas contaminadas passou a fazer parte da agenda ambiental visando mitigar impactos ambientais, possibilitando a contínua ocupação e reocupação de áreas contaminadas, por meio da minimização e controle dos riscos. Contudo ainda configura um dos maiores desafios ambientais para os órgãos reguladores, empreendedores, acadêmicos, profissionais e sociedade. Considerando que a expansão urbana, vem utilizando essas áreas, o que pode ocasionar eventual exposição do homem a contaminantes presentes conferindo potencial risco à saúde humana (CETESB, 2013).

A década de 1970 foi marcada por importantes iniciativas e resoluções acerca do real impacto das atividades produtivas sobre o meio ambiente. Um ano antes, 1969, os Estados Unidos estabeleceram sua Política Ambiental Nacional e, por meio dela, criou, em 1970, a *Environmental Protection Agency* (EPA). Entre as principais resoluções da EPA estava a exigência de elaboração de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para diversas atividades industriais.

A partir da aplicação das normas de controle e proteção ambiental, foram exigidas avaliações de localização dos empreendimentos, gerando uma distribuição geográfica mais restritivas das indústrias poluentes (HAYTER, 1997). Logo, o cumprimento das normas ambientais afetou a distribuição espacial das atividades poluidoras, alterando:

- a) Tendências de aglomeração e desaglomeração populacional;
- b) Potenciais de desenvolvimento industrial das regiões;
- c) Processos de decisão locacional por parte das empresas;
- d) Percepção pública e privada sobre o espaço;
- e) Planejamento urbano.

A preocupação com a segurança e saúde da população vem aumentando gradativamente, sendo refletida cada vez mais em normas e regulamentações, que visam proteger tanto o ser humano, como o meio ambiente. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem desenvolvido normas específicas para as fases do gerenciamento de áreas contaminadas, entre as quais podem ser destacadas as normas: ABNT NBR 15515-1 - Avaliação

Preliminar (ABNT, 2009), ABNT NBR 15515-2 - Investigação Confirmatória (ABNT, 2011) e ABNT NBR 15515-3 – Investigação Detalhada (ABNT, 2013a), ABNT NBR 16209 – “Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminada (ABNT, 2013b).

Tais ações impulsionam o debate sobre o tema, estimulando que novas abordagens metodológicas sejam desenvolvidas, visando conciliar o desenvolvimento da sociedade com a segurança socioambiental, garantindo a qualidade do meio para as gerações futuras por técnicas de exploração sustentáveis e a recuperação de áreas previamente degradadas, (NATHANAIL et al., 2013)

No Brasil, assim como em países da Europa, os problemas de contaminação do solo começaram a surgir na década de 70, mas se intensificaram nos últimos anos com a descoberta de depósitos, usualmente clandestinos, de resíduos químicos perigosos (MORAES et al., 2013). Diante da importância de se promover mecanismos de gestão compartilhada do meio ambiente, especificamente relacionados à contaminação do solo, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) editou a Resolução nº 420, de dezembro de 2009, a qual dispõe sobre os critérios e valores orientadores de qualidade do solo e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas. A Resolução institui no âmbito federal o gerenciamento de áreas contaminadas, impondo aos estados o cadastramento e divulgação pública de áreas contaminadas.

Em nível estadual São Paulo é o estado mais estruturado no gerenciamento de áreas contaminadas. A CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, órgão vinculado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente, vem desenvolvendo o controle corretivo de fontes potencialmente poluidoras do solo e atendendo a casos de áreas contaminadas desde o início dos anos 80, quando foram divulgadas as ações voltadas à identificação, caracterização e remediação das áreas contaminadas por pentaclorofenol na Baixada Santista, cuja origem havia sido identificada na elaboração de levantamento de informações sobre a geração de resíduos industriais realizado pela agência ambiental em 1979 (CETESB, 2018).

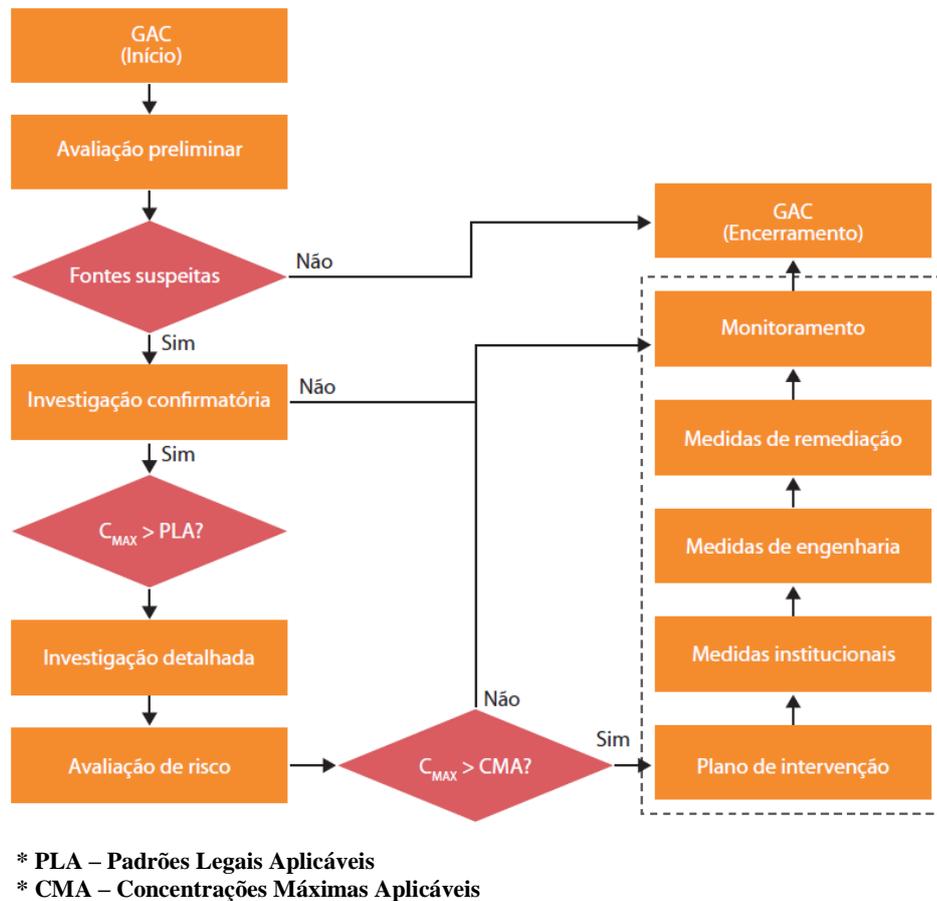
Minas Gerais também vem implementando o gerenciamento de áreas contaminadas desde 2007, conforme a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), foram registradas no ano de 2017, 655 áreas contaminadas sendo que 76% correspondem a áreas de postos de combustíveis. O número de áreas contaminadas e reabilitadas no cadastro do estado de Minas Gerais vem aumentando constantemente a medida que as ações de identificação e gerenciamento são implementadas.

No Estado do Rio Grande do Sul o gerenciamento de áreas contaminadas ainda é deficiente, com recentes edições de legislações como a Portaria da FEPAM nº 85/2014 que dispõem sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) para nove elementos químicos naturalmente presente nas províncias geomorfológicas e geológicas do estado do Rio Grande do Sul e a diretriz técnica FEPAM nº 07/2017 para atividades de remediação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos, resíduos da construção civil e resíduos do serviço de saúde. No entanto a Fundação Estadual De Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), ainda não dispõem de um cadastro de áreas contaminadas para o estado do Rio Grande do Sul.

2.3.1 Etapas do gerenciamento de áreas contaminadas

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) é um processo amplo, e envolve diversas etapas desde a identificação de áreas com potencial de contaminação até a reabilitação da área para o uso pretendido e declarado ao órgão ambiental (CETESB, 2001). A primeira etapa é compreendida na identificação da contaminação, composta da avaliação preliminar e investigação confirmatória. Caso a contaminação seja confirmada, inicia-se o processo de reabilitação da área, que é composta pela investigação detalhada, avaliação de risco, plano de intervenção e monitoramento e tem por objetivo reduzir a exposição ao risco e a adoção de procedimentos para reduzir a concentração dos contaminantes ou mesmo eliminá-los (BRASIL, 2009). As etapas do gerenciamento de áreas contaminadas conforme o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da Cetesb, Decreto Estadual nº 59.263 de 2013 (São Paulo) e Resolução Conama nº 420 são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do gerenciamento das áreas potencialmente contaminadas



Fonte: CETESB (2014).

Detalhes da execução técnica de cada etapa do gerenciamento de áreas contaminadas podem ser obtidos na ABNT/NBR 15.515 – Passivo ambiental em solo e água subterrânea, Parte 1: “Avaliação Preliminar”, Parte 2: “Investigação Confirmatória” e Parte 3: “Investigação Detalhada”, e ABNT/NBR 16.209 – “Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas”.

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas estabelecida tem como ponto inicial a identificação das atividades potencialmente poluidoras que ocorrem ou ocorreram na região de interesse. Trata-se do reconhecimento oficial de fontes primárias de contaminação, com objetivo principal de constatar evidências, indícios ou fatores que permitam suspeitar da existência de contaminação na área sob avaliação (MORAES et al., 2013).

2.3.2 Atividades potencialmente poluidoras

As atividades potencialmente poluidoras são definidas como aquelas cujo manejo de elementos de características físico-químicas, biológicas e toxicológicas são capazes de provocar prejuízos sobre os bens a proteger (CETESB, 2013). Nem toda atividade de origem industrial é considerada potencialmente contaminante, apresentam potencial de poluição aquelas atividades que utilizam em seu processo substâncias tóxicas e/ou inflamáveis, por isso há a necessidade de se identificar todos os processos produtivos, bem como as matérias primas utilizadas, os produtos e resíduos gerados para definir quais dos processos industriais podem ser enquadrados em atividades potencialmente contaminadoras (MORAES et al., 2013). As atividades que utilizam da disposição de quaisquer tipos de resíduos devem ser consideradas como fontes potenciais de contaminação, ainda que apresentem medidas de implantação de segurança, como drenos, camada impermeabilizantes, entre outros (CETESB, 2013).

No Brasil a identificação de atividades potencialmente poluidoras é dada pela Resolução do Conama 237/1997 que dispõem sobre atividades com potencial de gerar áreas contaminadas. A Resolução nº 10, de fevereiro de 2017 da Secretaria Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com base nos critérios definidos pela CETESB, também dispõe sobre a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas. A resolução lista diversas atividades de acordo com o código da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) definido pelo IBGE.

Para o estado do Rio Grande do Sul Resolução nº 372, de 2018 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) dispõe sobre os empreendimentos e atividades potencialmente poluidores capazes de causar degradação ambiental.

2.3.3 Identificação de áreas potencialmente contaminadas

Como parte da avaliação preliminar, a identificação de áreas potencialmente contaminadas consiste no levantamento de antigas atividades ou que ainda estão em funcionamento, caracterizadas por serem fontes potenciais de contaminação (CETESB, 2001).

A metodologia de identificação de áreas potencialmente contaminadas indica o reconhecimento de áreas onde são ou foram manipuladas substâncias das quais as “características físico químicas, biológicas e toxicológicas possam causar danos aos bens a proteger” (CETESB, 2001).

A Agência Ambiental Europeia - *European Environmental Agency* (EEA) define como áreas potencialmente contaminadas (*Potentially Contaminated Sites*), os locais com potencial contaminação, mas não verificada, e onde investigações detalhadas precisam ser realizadas para verificar se há riscos de impactos adversos sobre os receptores.

A Lei nº 13.885 de agosto de 2004, do município de São Paulo, considera locais potenciais de contaminação os imóveis que tenham abrigados, a qualquer tempo as atividades de indústrias química, petroquímica, metalúrgica, farmacêutica, têxtil/tinturaria, montadoras, depósitos de resíduos, de materiais radioativos, de materiais oriundos de indústria química, aterro sanitário, cemitério, mineração, hospital e posto de abastecimento de combustível.

O levantamento das informações dessa etapa é baseado em pesquisa bibliográfica documental, por meio de busca a informações registradas em arquivos histórico, nas diretrizes legais do município licenças ambientais, alvarás de operação das atividades com potencial poluidor, considerando as atividades ocorridas no passado, pois caso tenha ocorrido contaminação, a mesma pode persistir ao longo do tempo (MORAES et al., 2013).

O processo de identificação de áreas contaminadas é constituído por quatro etapas conforme manual de gerenciamento de áreas contaminadas da CETESB (2001), a saber:

1. Definição da região de interesse;
2. Identificação de áreas potencialmente contaminadas;
3. Avaliação preliminar;
4. Investigação confirmatória

Conforme o manual de gerenciamento de áreas contaminadas da Cetesb, a definição da região de interesse deve ser realizada pelas “atribuições e interesses da instituição que deverá executar o gerenciamento”. Nessa etapa devem ser determinados os limites da região a ser atendida pelo gerenciamento, bem como os objetivos a serem alcançados por ele, tendo em vista os bens a serem protegidos. Não há restrições quanto à dimensão da região de interesse, que pode ser um estado, um município, uma área industrial específica, etc., (CETESB, 2001).

Para a identificação das áreas potencialmente contaminadas, é indicado o reconhecimento das atividades com potencial de contaminação definidas na legislação e, logo após, é realizada coleta de dados existentes no histórico de ocupação da área de interesse, as atividades desenvolvidas tais como: manuseio de substâncias, histórico de incidentes, índices de doenças em funcionários, moradores, entre outros. Nessa etapa, ainda é realizado o levantamento histórico com visita as instalações de empresas da área, análises de mapas, croquis e plantas, verificação de licenças ambientais e ocorrência de autos de infração. A coleta

de dados existentes passa também por estudos do meio físico, com levantamentos fotográficos e aéreos do local (CETESB, 2001).

A avaliação preliminar consiste na coleta das informações históricas referentes ao local, que permita, o entendimento do quão ameaçador é o local para a saúde humana e o meio ambiente e se existe a necessidade de uma investigação mais profunda, avalia o grau de ameaça que o local traz à população ou para o meio ambiente. Isso se dá pelo recolhimento e pela análise dos resíduos para determinar se as substâncias perigosas realmente estão presentes e de que forma estão se transportando pelo meio (ABNT, 2009).

A etapa de investigação confirmatória encerra o processo de identificação de áreas contaminadas, tendo como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminação e verificar a necessidade da realização de uma investigação detalhada nas áreas suspeitas, identificadas na etapa de avaliação preliminar (CETESB, 2001).

A confirmação da contaminação em uma área dá-se basicamente pela tomada de amostras e análises de solo e/ou água subterrânea, em pontos estrategicamente posicionados. Em seguida, deve ser feita a interpretação dos resultados das análises realizadas nas amostras coletadas, pela comparação dos valores de concentração obtidos com os valores de concentração estabelecidos em listas de padrões, definidas pelo órgão responsável pelo gerenciamento de áreas contaminadas, atualmente os valores orientadores para cada tipo de contaminante são estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) nº. 420 de dezembro de 2009.

Caso for comprovada a contaminação a próxima etapa é a realização do diagnóstico da área para orientar o processo de reabilitação, nessa fase é realizada a investigação detalhada com objetivo principal de caracterizar o meio físico da área diretamente contaminada e do entorno e mapear horizontal e verticalmente a contaminação. Nessa etapa também é realizado a avaliação de risco das áreas contaminadas.

No entanto esse procedimento passou por revisão através de Decisão da Diretoria nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017, dispõe entre outros itens, sobre a revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental” em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013.

A DD 38/2017/C revisa o procedimento a ser cumprido no gerenciamento de áreas contaminadas: as etapas a serem executadas, os seus objetivos, a forma e os responsáveis pela

execução, em consonância com o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Determina ainda, com base no Decreto 59.263/2013, que cabe ao responsável legal e ao responsável técnico executar as etapas de gerenciamentos de áreas contaminadas, e a CETESB, de fiscalizar o cumprimento de tal procedimento através da avaliação de relatório que devem ser entregues pelos responsáveis e de realização de auditorias (CETESB, 2017).

O Processo de Identificação de Áreas Contaminadas passa com a nova decisão da diretoria a ter seis etapas. Além de identificar as áreas contaminadas e determinar sua localização e características, também tem o objetivo de avaliar os riscos a elas associados, possibilitando a tomada de decisão sobre a adoção de medidas de intervenção se necessário for (CETESB, 2017).

Segundo a CETESB (2017), o Processo de Identificação de Áreas Contaminadas possui as seguintes etapas:

- Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação;
- Priorização de Áreas com Potencial de Contaminação;
- Avaliação Preliminar;
- Investigação Confirmatória;
- Investigação Detalhada;
- Avaliação de Risco.

2.4 Priorização de Áreas Potencialmente Contaminadas

A priorização de APs tem por finalidade identificar os riscos que essas áreas podem oferecer a saúde humana e ao meio ambiente, priorizando a investigação confirmatória das APs que oferecem maiores riscos. De acordo com EEA (2004), o objetivo dessa etapa é apoiar o gerenciamento, permitindo identificar as áreas mais problemáticas quanto à contaminação do solo.

A priorização é definida como a ação que conduz a um ordenamento das áreas a serem investigadas/remediadas, em função da importância relativa dos impactos que cada uma das áreas poderá causar, observando-se as características das substâncias presentes, importância dos bens a proteger e possibilidade destes serem atingidos pela contaminação (CETESB, 2001). Além disso a priorização visa à utilização racional dos recursos destinados à execução das diversas etapas, em função do elevado número de áreas normalmente envolvidas nesse processo.

Após a identificação de APs, há necessidade de realizar uma priorização de áreas com objetivo de selecionar as APs consideradas mais importantes, para serem gerenciadas na execução das diversas etapas.

Basicamente, os critérios a serem utilizados nessas etapas, para selecionar as áreas prioritárias, são relacionados à importância dos bens a proteger presentes na área ou arredores, à natureza das substâncias encontradas na área, ao potencial contaminador da atividade desenvolvida na área e às vias de propagação dos contaminantes potenciais ou existentes na área, além de interesses específicos do órgão gerenciador.

A estratégia temática da União Europeia para os Solos estabelece que os Estados-Membros Europeus devem identificar e priorizar os locais contaminados no seu território, com base na vulnerabilidade e risco a saúde humana e ao meio ambiente (EC, 2006). Essa forma de priorização também pode ser adotada para APs, conforme relatório publicado pela *European Environment Agency* (EEA, 2004), pois os métodos para priorização de APs, se baseiam na análise de vulnerabilidade e de risco. Por meio dessas análises é possível a elaboração de um ranking de APs, com base em dados disponíveis, a fim de produzir planos de ação prioritários em termos de investigação confirmatória.

A avaliação de risco pode ser definida como um procedimento quantitativo e sistemático para estimar e comparar os impactos de problemas ambientais que afetam determinadas áreas geográficas. Na questão das APs, visa demonstrar quais são os riscos provenientes e quais áreas apresentam maiores riscos à saúde humana e ao meio ambiente (HUNSAKER et al., 1990). Já a avaliação de vulnerabilidade visa estimar a suscetibilidade ou sensibilidade do meio ou seres humanos a determinado perigo (ALVAREZ-GUERRA et al., 2009). A vulnerabilidade não depende da natureza da contaminação, mas sim das características da entidade/receptor. Características dos diferentes receptores resultarão em diferentes níveis de vulnerabilidade (AL-ADAMAT et al., 2003). Dessa forma os locais contaminados podem apresentar níveis de riscos desiguais de acordo com a sensibilidade/susceptibilidade à contaminação do receptor, sendo necessário a avaliação de vulnerabilidade para o adequado gerenciamento das questões ambientais (EC, 2006).

Para a realização das avaliações de vulnerabilidade e de risco com objetivo de priorizar as APs, são necessárias informações de caracterização do meio físico em subsuperfície (pedologia, geologia, hidrogeologia, etc.) e superfície (morfologia, fisiografia, climatologia, hidrologia, etc.) que podem afetar o transporte, a atenuação natural e a persistência dos contaminantes; caracterização do uso e ocupação do solo na área de interesse, considerando os processos operacionais, industriais e de estocagem de substâncias químicas que podem

impactar o meio físico, bem como a tipificação da ocupação de entorno da área a ser avaliada considerando aspectos ligados a ocupação residencial, comercial e/ou industrial (CETESB, 2013).

Alguns estudos tem abordado a relação de análise de vulnerabilidade e análise de risco, como por exemplo, o estudo de Tixier (2005), que relacionou vulnerabilidade ao grau de exposição de pessoas e ambientes naturais a perigos como: gases tóxicos, lançamento de efluentes etc., que partem de uma unidade industrial, considerando características como (densidade populacional, uso e ocupação da terra), e destaca a necessidade de medidas de gerenciamento prioritárias em regiões com alta densidade populacional que apresentem indústrias ou outras atividades com potencial de contaminação.

As avaliações de risco e vulnerabilidade apresentam algumas limitações quanto ao processamento e gerenciamento de grandes quantidades de dados e a consideração das heterogeneidades espaciais associadas aos múltiplos receptores (humanos e ecológicos) (TIM et al., 1996; METZGER e SCHRÖTER, 2006).

Nesta perspectiva, o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) se destaca como ferramenta adequada para gerenciar, manipular, processar, analisar, mapear e organizar espacialmente os dados, a fim de facilitar as análises de áreas potencialmente contaminadas (ALMASRI, 2008).

2.5 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Sistema de Informação Geográfica é a denominação de sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e processam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados do SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. A capacidade de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa a característica básica de um SIG (CÂMARA NETO, 1995).

O Sistema de Informação Geográfica é composto por cinco elementos que permitem a entrada, manipulação tratamento, análise e apresentação das informações. Estes elementos são:

- a) Hardware: plataforma computacional;
- b) Software: compreende os sistemas disponíveis no mercado;

- c) Dado: é o elemento fundamental. De acordo com Xavier-da-Silva (2016) “os dados se tornam informação, quando uma pessoa ou programa de computador transforme os dados de maneira que sejam úteis aos tomadores de decisão”.
- d) Método: é a forma que uma determinada organização utiliza para operar o SIG;
- e) Recursos Humanos: um SIG está inserido em uma estrutura que demanda sua utilização por pessoas que possuam conhecimentos específicos em diferentes áreas de aplicação, bem como nas áreas de aplicação a que se destina o sistema.

O uso de sistemas de informação geográfica aumenta a capacidade de gerir e representar grandes quantidades de dados, adequando-se à abordagem territorial na medida em que permite a distribuição espacial dos dados, a visualização das relações espaciais, a detecção de processos de concentração e de dispersão das informações estudadas, além da identificação dos processos históricos de comportamento dos dados (LOUZADA et al., 2009). Malczewski (2004) destaca que análises utilizando SIG, tem aplicação em diversos estudos com viés ecológico como a determinação de habitat para espécies de animais e vegetais; aptidão das terras para agricultura; avaliação e planejamento da paisagem; avaliação de impactos ambientais e planejamento regional.

Para o gerenciamento de áreas contaminadas é necessária uma abordagem integrada e sistêmica dos dados e informações espaciais, característica que destaca o uso do SIG como ferramenta adequada, permitindo a distribuição espacial das atividades potencialmente poluidoras, além da representação das análises específicas e sua relação no espaço geográfico (MARCOMINI et al., 2009).

A análise espacial é um componente importante na priorização de APs para o gerenciamento, porque os problemas abordados são inerentemente espaciais e o uso do SIG permite o processamento, a modelagem, e visualização das informações espaciais (LINKOV et al., 2002; HOPE, 2005).

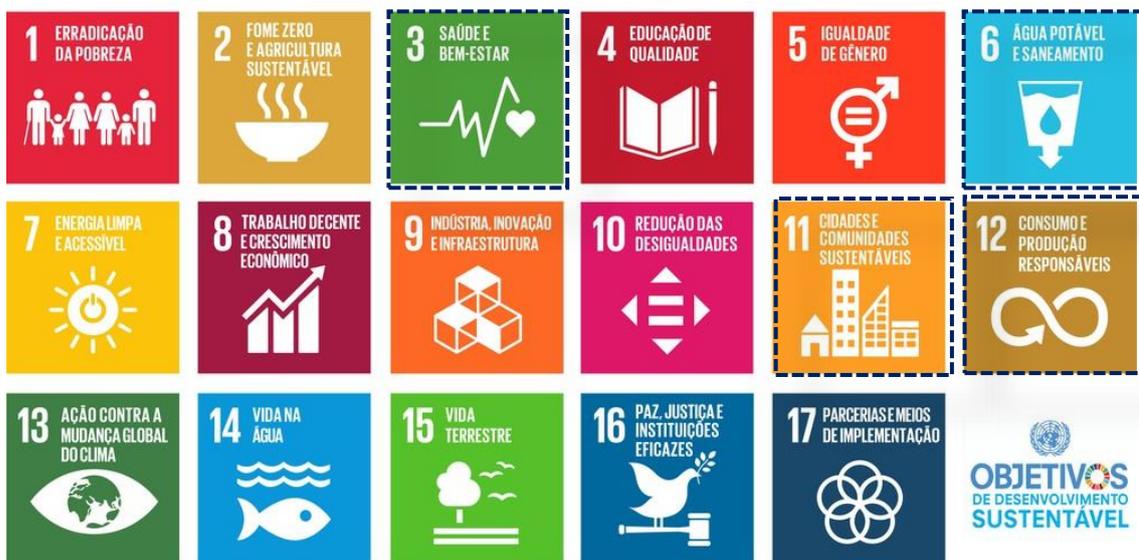
Sharifi et al. (2002) destaca a utilização do SIG como uma ferramenta robusta de apoio a processos de análise espacial, atuando como suporte a tomada de decisão gerando opções para reduzir os impactos ambientais e socioeconômicos, assim como para avaliação e solução destes impactos no território.

De acordo com Malta et al. (2017) muitas das aplicações de SIG na área de análise ambiental, é comum o envolvimento de múltiplos critérios para se atender a um ou mais objetivos, uma vez que problemas de decisão espacial normalmente envolvem um grande conjunto de alternativas viáveis e múltiplas. O que torna o SIG uma ferramenta adequada para o estudo de APs (MALCZEWSKI, 2006).

2.6 Agenda do Desenvolvimento Sustentável e o Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Os esforços abrangendo as questões relacionadas a contaminação do solo, água e ar tem mobilizado a comunidade científica, as organizações da sociedade civil e os formuladores de políticas incluindo essas questões em um dos mais importantes marcos jurídicos para o desenvolvimento nas próximas décadas, a proposta dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), aprovados pela Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015. Os ODSs compreendem mudanças significativas no desenvolvimento humano e nas atividades a serem alcançadas até 2030. São 17 objetivos que estabelecem 169 metas integradas, que equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, social e a ambiental. A Figura 2 apresenta os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com destaque para os objetivos 3; 6; 11 e 12, que apresentam metas que vem ao encontro do desenvolvimento de estudos direcionados ao GAC.

Figura 2 - 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Organização da Nações Unidas.

O GAC está vinculado com as metas estabelecidas pelos ODS's 3; 6; 11, e 12, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável relacionados ao GAC

	<p>3.9 Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo</p>
	<p>6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização.</p>
	<p>11.4 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidade, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, e gestão de resíduos.</p>
	<p>12.4 Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando as metas estabelecidas na agenda 2030, o GAC visa alcançar a proteção reduzindo o efeito negativo de substâncias contaminantes presentes no solo na água e no ar, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

3 METODOLOGIA

O processo de elaboração da pesquisa foi constituído em três etapas, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Etapas da pesquisa



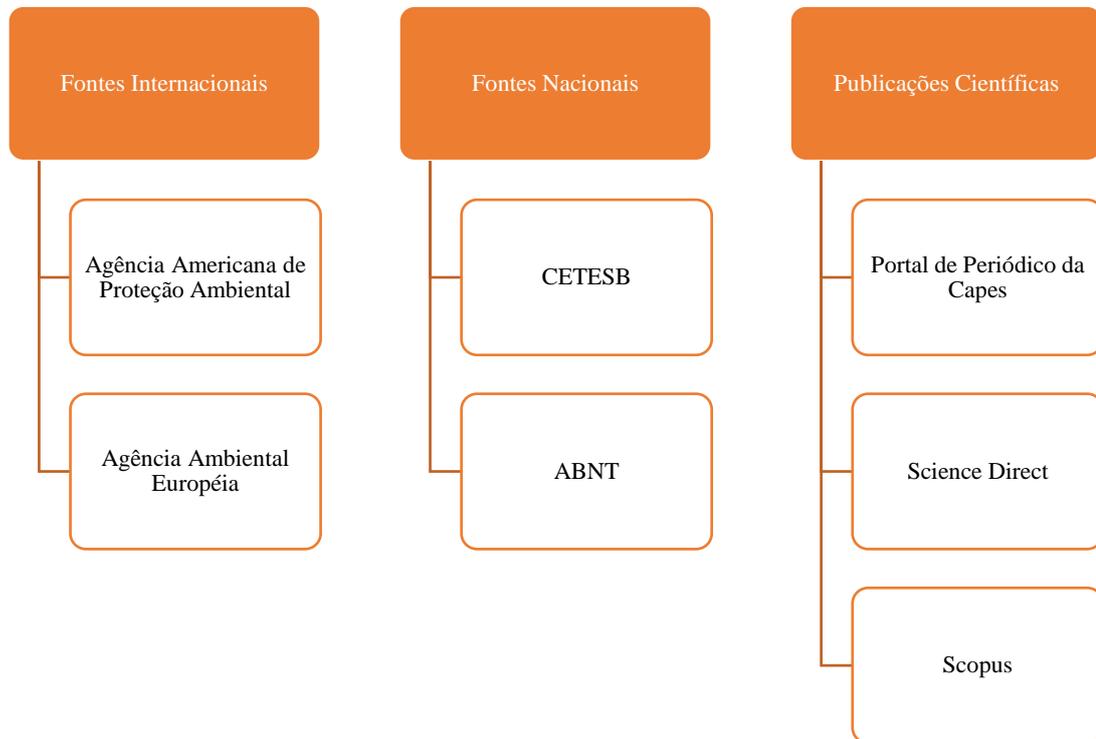
Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira etapa compreendeu na sistematização e compilação das informações obtidas no levantamento dos métodos para priorização de APs existentes a nível nacional e internacional. A segunda etapa consistiu na aplicação dos métodos na área urbana do município de Erechim/RS, e a terceira etapa baseou-se na análise dos métodos de priorização de APs. Os subitens 3.1; 3.2 e 3.3 apresentam detalhadamente as etapas da pesquisa.

3.1 Levantamento dos métodos

Realizou-se o levantamento dos métodos por meio de consulta bibliográfica e de revisão bibliográfica sistematizada, nas bases de dados de sites de órgãos oficiais nacionais e internacionais, além de publicações científicas. A Figura 5 apresenta as fontes de informação que dispõe sobre métodos de priorização.

Figura 5 - Fontes de pesquisa consultadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

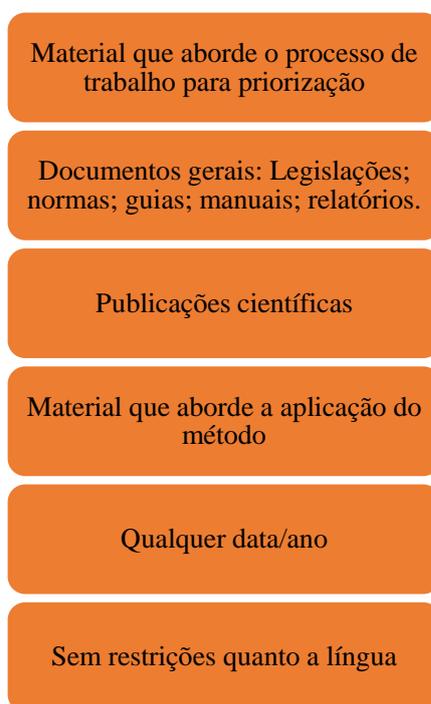
As fontes de informações definidas para consulta são órgãos que se destacam como referência nas questões voltadas a gestão de áreas contaminadas, como a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), *European Environment Agency* (EEA), cujas diretrizes amparam o trabalho de muitos países, sobre o tema de áreas contaminadas. A escolha das fontes internacionais se justifica pela experiência desses países no tratamento de áreas contaminadas, pois, foram países pioneiros no processo de gerenciamento de danos causados pela contaminação do solo.

Com relação às fontes nacionais, realizou-se pesquisa em sites dos órgãos ambientais que tem desenvolvido trabalhos voltados a gestão de áreas contaminadas. Entre, as fontes nacionais destacam-se: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Saúde, Companhia Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM); Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA); Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), consultado por ser a agência ambiental estadual do Rio Grande do Sul, onde ocorreu a pesquisa. Ressalta-se que a única abordagem a nível nacional sobre priorização de APs é estabelecida pela CETESB, ainda com possibilidade de priorização de APs surge a NBR 15.515 – Passivo ambiental em solo e água subterrânea, Parte 1: “Avaliação Preliminar”.

Realizou-se pesquisa de publicações no portal de periódicos da Capes; no portal de pesquisas internacionais Science Direct e Scopus. Entre as palavras chaves utilizadas destacam-se as seguintes: *Inventory of contaminated sites*; *Contaminated sites*; *Environmental vulnerability assessment*; *Environmental risk assessment*; *Risk management*. As palavras chave também foram pesquisadas em língua portuguesa.

Os resultados da pesquisa foram sintetizados de acordo com critérios de inclusão pré-estabelecidos, conforme é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Critérios para seleção de material a ser analisado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme apresentado na Figura 6, os materiais para análise foram selecionados com base nos seguintes critérios:

- a) Na base de dados de cada uma das fontes, buscou-se documentos que tragam informações sobre métodos de priorização de áreas potencialmente contaminadas para as etapas subsequentes do GAC.
- b) Documentos gerais como manuais, diretrizes, elaborado por órgãos que trabalham no Gerenciamento de Áreas Contaminadas.
- c) Publicações científicas que apresentem metodologia, com processo de trabalho, que possibilite sua aplicação.

- d) Materiais que apresentam casos reais de aplicação de métodos de priorização de áreas potencialmente contaminadas, pois o estudo de situações concretas permite avaliar a eficácia e as falhas do método.
- e) A data das publicações não é fator limitante para a pesquisa, tendo em consideração que algumas agências internacionais iniciaram seus trabalhos sobre locais potencialmente contaminados anterior a década de 1990.

Para sistematizar os resultados obtidos elaborou-se um arquivo Excel, dispondo uma planilha para cada metodologia, elencando os critérios analisados, sua descrição e a escala de ponderação. Para os métodos que não apresentaram ponderação apenas listou-se os critérios.

3.2 Aplicação dos métodos

Nesta etapa os métodos levantados anteriormente foram aplicados em um estudo de caso. Para tanto, neste item são descritas as características da área de estudo; levantamento de dados; o processamento de dados e os métodos de priorização.

3.2.1 Área de estudo

Os métodos foram aplicados na área urbana do município de Erechim/RS, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Localização da área de estudo.



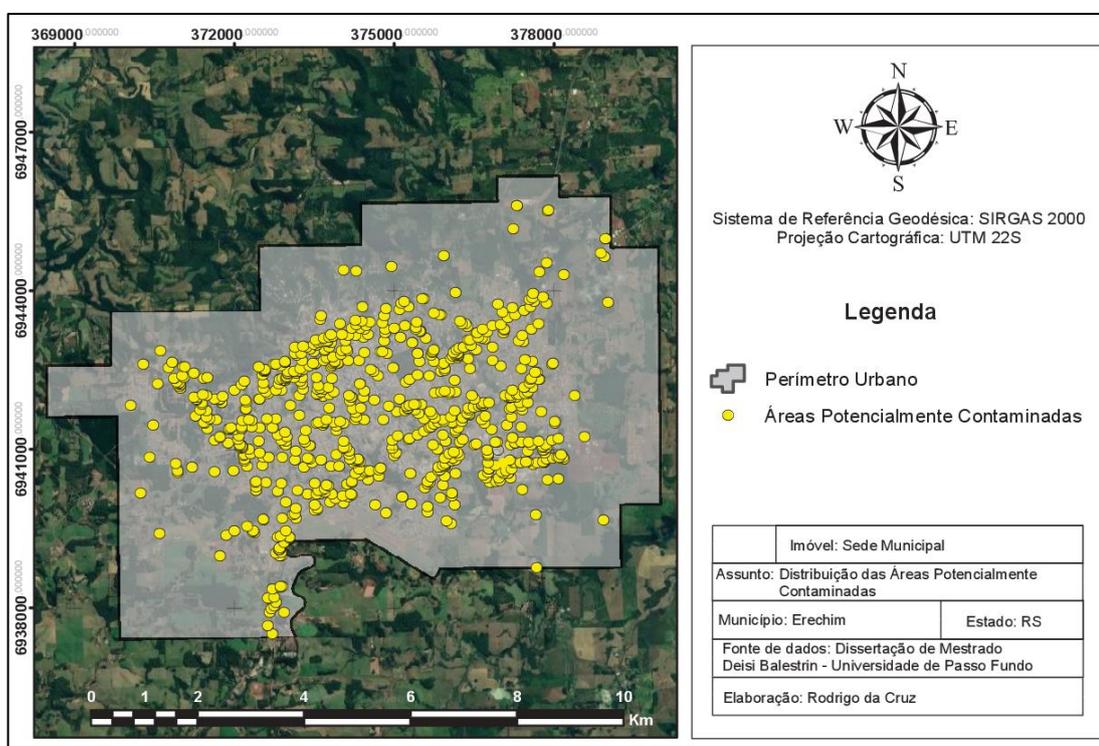
Fonte: Elaborado pelo autor.

Erechim situa-se na região norte do estado do Rio Grande do Sul, na bacia do rio Uruguai, a uma altitude média de 780 m. Apresenta área territorial de 427,42 km² e população estimada de 105.059 habitantes (IBGE, 2019). A área urbana do município corresponde a 67,3

km² e concentra 94,8% da população total do município (ERECHIM, 2019). A economia baseia-se principalmente no setor industrial. Em 2018 dos U\$\$ FOB 107,02 milhões exportados, cerca de 50% correspondeu da produção industrial (MDIC, 2019).

A escolha do município para aplicação dos métodos de priorização para intervenção em APs, foi realizada em razão do município apresentar o mapeamento das APs, realizado por Balestrin (2018). A autora aplicou o método CETESB, indicado por Rampanelli (2017) com a finalidade de identificar e quantificar as áreas potencialmente contaminadas em ambientes urbanos, realizando o mapeamento por meio da utilização do software QGIS 2.18. Como resultado final foram mapeadas 770 APs conforme apresenta a Figura 8.

Figura 8 - Distribuição espacial das APs na área urbana do município de Erechim/RS.



Fonte: Balestrin (2018).

3.2.2 Levantamento de dados

Os dados basilares para a priorização foram integrados do trabalho de Balestrin (2018) intitulado Mapeamento de Áreas Potencialmente Contaminadas em Município Industrializado de Médio Porte, que identificou e mapeou 770 APs na área urbana de Erechim/RS. Os dados em planilha Excel serviram de base para a agregação das demais informações.

O levantamento de dados, para atender os critérios de priorização estipulados pelos métodos, foi realizado por meio de consulta as bases de dados de órgãos oficiais como:

Prefeitura Municipal, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente, Serviço Geológico do Brasil, entre outros órgãos e instituições que disponibilizem informações pertinentes ao estudo.

Contudo para a priorização das APs, no âmbito desse estudo, a consulta a base de dados de quatro órgãos forneceu as informações concernentes aos critérios de priorização propostos pelos métodos.

Os órgãos da administração pública consultados bem como os dados coletados, são apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Órgãos consultados e dados coletados.



Prefeitura Municipal de Erechim/RS

- Legislação Municipal
- Mapa Plano Diretor
- Infraestrutura Urbana
- Dados cartográficos do município



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

- Dados Populacionais
- Faixa etária da População



Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais – RS

- Base cartográfica do Rio Grande do Sul
- Unidades de Conservação



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

- Imagem de Satélite – Landsat 8

Fonte: Elaborado pelo autor.

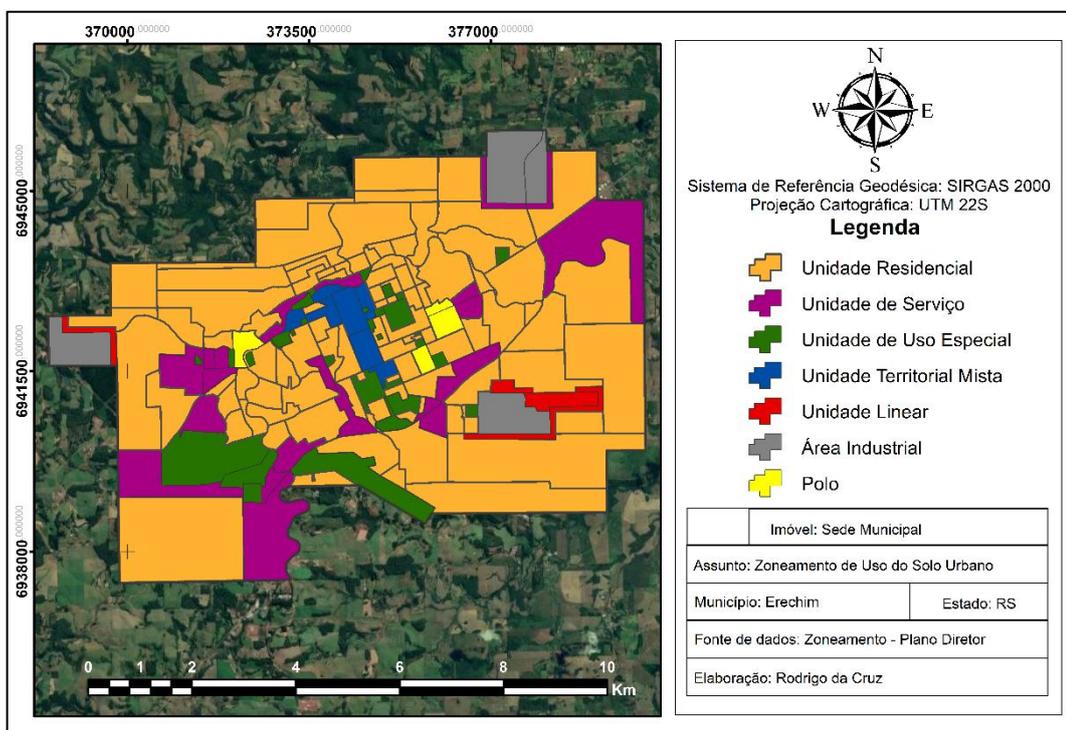
Destaca-se que os dados levantados buscam atender aos critérios estabelecidos pelos métodos de priorização, conforme detalhamento apresentado no item 4.1 dos resultados e discussão.

3.2.2.1 Prefeitura Municipal de Erechim/RS

Em consulta ao website da Prefeitura municipal de Erechim/RS foi possível obter acesso a Lei Municipal nº 6.256, de dezembro de 2016, que define o zoneamento, dividindo a área urbana do Município em diferentes zonas de usos. Também foram obtidos os dados cartográficos em formato DWG contendo todos os aspectos do plano diretor como: perímetro urbano, delimitação das zonas de uso, face dos logradouros, entre outros dados que foram integrados a plataforma SIG, realizando a respectiva conversão dos arquivos DWG para Shapefile, por se tratar do formato de arquivo padrão para trabalhos em SIG.

O zoneamento de uso do solo urbano estabelecido pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Erechim (PDDUAS), Lei nº 6.256, de dezembro de 2016, tem por objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, visando à adequada distribuição espacial da população e das atividades econômicas, estabelecendo os parâmetros urbanísticos e demais condições de uso e ocupação do solo no território municipal, essa lei delimita 170 zonas de uso destinadas a residência, atividades industriais, serviços, entre outros usos conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Zoneamento de Uso do Solo Urbano do município de Erechim/RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o art. 84 da Lei Municipal nº 6.256, de dezembro de 2016, o zoneamento é definido como a divisão da área urbana do Distrito Sede do Município de Erechim, em zonas com usos diferenciados, visando ordenar o crescimento da cidade e proteger os interesses da coletividade, assegurando condições de habitabilidade e uso racional do solo. As Zonas de Uso constituem-se pelo agrupamento de Unidades Territoriais que apresentam as mesmas tendências de ocupação do solo e são classificadas em:

I – Unidades Residenciais – UR: São as zonas de uso em que predominam as atividades residenciais e as exercidas em função da habitação, a ela vinculadas e as de apoio aos moradores locais;

II – Unidades Territoriais Mistas – UTM's e Áreas Polo: são as zonas caracterizadas pela miscigenação das atividades já implantadas, independentemente de sua tendência de uso, onde podem ocorrer usos residenciais, comerciais e de serviço em toda a sua área. Nas UTM's e áreas polo, poderão, a qualquer tempo, ser limitadas atividades inibidoras do uso residencial mediante regulamentação legal;

III – Unidades de Serviços: São as zonas caracterizadas pela homogeneidade de uso em que predominam as atividades comerciais, de serviços ou industriais, visando a descentralização, mediante:

- a) Medidas institucionais, administrativas e tributárias;
- b) Investimentos públicos;
- c) Execução de loteamentos industriais obedecida a legislação pertinente.

IV - As unidades de uso especial são áreas que requerem regime urbanístico especial, condicionado às suas peculiaridades, no que se refere a:

- a) Características de localização, situação, condições topográficas, proteção à saúde pública e ao patrimônio ambiental nos seus aspectos ecológicos, paisagísticos e culturais;
- b) Aos programas, projetos e equipamentos urbanos implantados em sua área.

Conforme a legislação, as unidades de uso especial serão instituídas e regulamentadas mediante a elaboração de proposta do Executivo Municipal ao Legislativo Municipal, a partir de diagnóstico ambiental e parecer do conselho da cidade, instituindo como unidades de uso especial as seguintes áreas:

- I – Áreas de Interesse Público;
- II – Áreas de Interesse Urbanístico;
- III – Áreas de Interesse Ambiental e Paisagístico;
- IV – Áreas de Interesse Cultural.

Entre os elementos incluídos em unidades de uso especial pode-se destacar os seguintes;

- Parque Natural Municipal Longines Malinowski;
- Aeroporto Federal Comandante Kraemer;
- Estádio Olímpico Colosso da Lagoa, etc.

V – Unidades Lineares são áreas que objetivam oportunizar um crescimento industrial, comercial, atacadista, de depósitos e de serviços, sendo vedadas as seguintes atividades: estabelecimentos de culto, serviços sociais, saúde e educação, estabelecimentos bancários e financeiros, de administração pública, de serviço ao público, habitação, comércio e serviços, com exceção de atacadista e depósitos.

VI – Área Industrial caracterizado pelo uso do solo específico para zoneamento industrial, de acordo com a legislação municipal em vigor.

Adotou-se como divisão para a área de estudo as unidades de uso do solo estabelecidas pelo Zoneamento do solo urbano, dessa forma os dados foram processados e distribuídos espacialmente nas unidades de uso, conforme estabelecido pelo Zoneamento de uso do município de Erechim/RS.

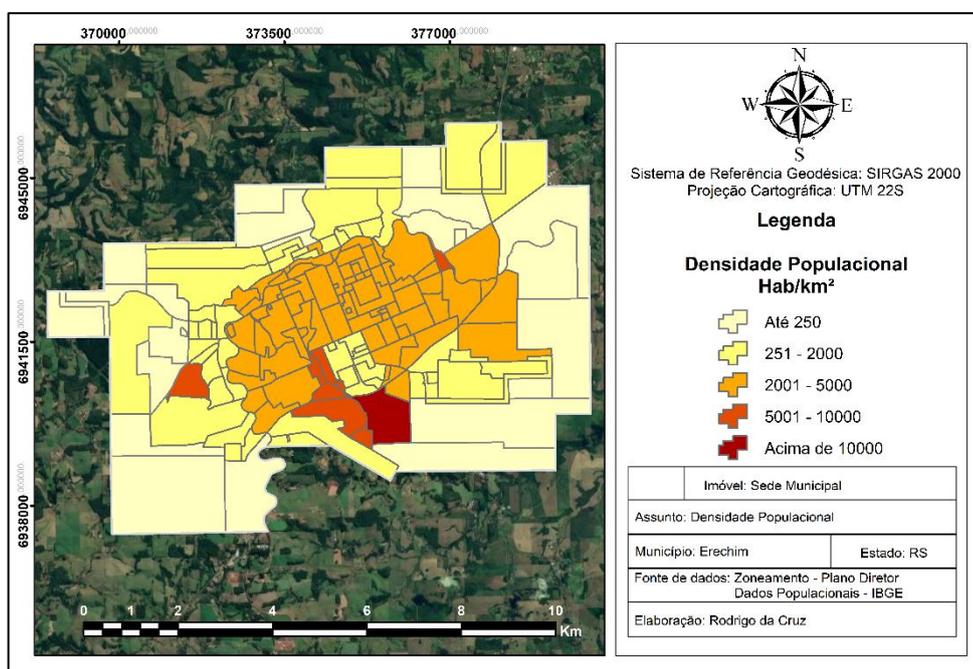
3.2.2.2 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através de consulta a plataforma Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA, foram obtidos os dados demográficos e faixa etária da população distribuída por bairros. Os dados mais atuais disponíveis são referentes ao último Censo Demográfico, realizado no ano de 2010.

Os dados demográficos obtidos pelo Sistema SIDRA distribuídos por bairros, foram organizados de acordo com as unidades de uso do solo correspondente a cada bairro, dessa forma diversas unidades de uso do solo apresentaram densidade populacional semelhante devido estarem localizadas em um mesmo bairro. Esse procedimento foi realizado por meio da tabela de atributos da camada *shapefile* de zoneamento de uso do solo, utilizando Software ArcGIS 10.6.

A Figura 11 apresenta a densidade populacional distribuída por Unidades de Uso do solo de acordo com o Zoneamento de uso do solo de Erechim/RS.

Figura 11 - Densidade Populacional da área urbana do Município de Erechim/RS.

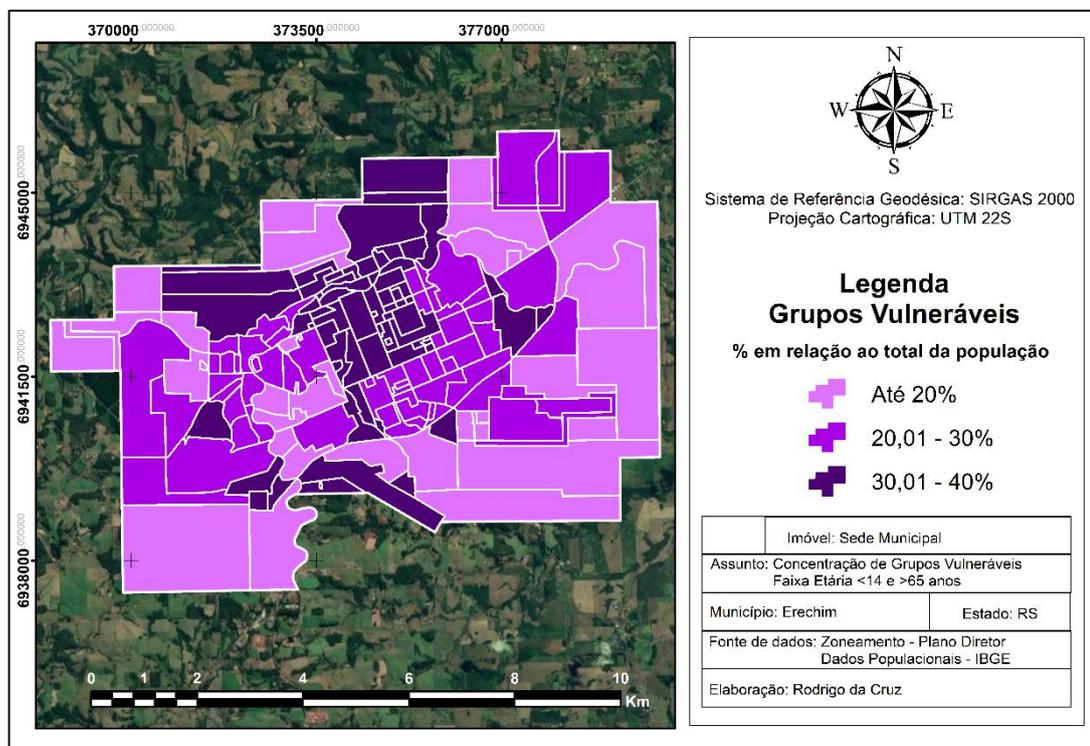


Fonte: Elaborado pelo autor.

Do mesmo modo buscou-se os dados de faixa etária da população considerando como grupos vulneráveis pessoas na faixa etária menor de 14 e maior que 65 anos, para tanto considerou-se a porcentagem de pessoas incluídas nesse parâmetro em relação a população total da unidade de uso.

A Figura 12 apresenta a concentração dos grupos vulneráveis de acordo com as zonas de uso.

Figura 12 - Concentração dos Grupos Vulneráveis na Área Urbana de Erechim/RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2.3 Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais - IEDE

A IEDE é a plataforma de compartilhamento de dados geoespaciais, serviços e aplicações do Estado do Rio Grande do Sul, e disponibiliza diversos dados em relação ao meio físico como: hidrografia, tipo de vegetação, classificação do solo entre outros, de todo o estado do Rio Grande do Sul. No contexto desse trabalho buscou-se os dados de bacias hidrográficas e áreas protegidas, identificadas como áreas de preservação permanente (APP) e unidades de conservação (UC).

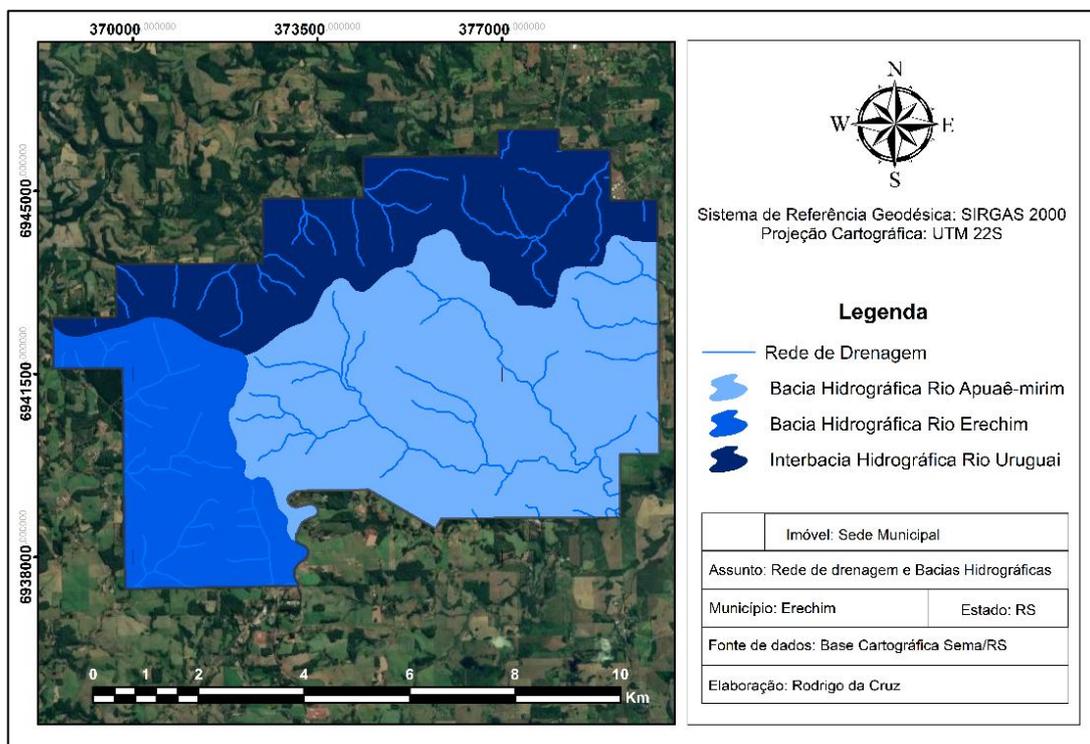
Dentre as categorias de APPs constantes na legislação, considerou-se no âmbito desse trabalho as APPs concernentes a proteção de recursos hídricos, com a delimitação de 30 metros em ambas as margens dos cursos d'água, conforme preconiza o art. 4 da Lei Federal nº. 12.651 de maio de 2012, tendo em vista que os cursos d'água presentes área urbana apresentam largura de até 10 metros, conforme dados do Plano Ambiental Municipal de Erechim/RS (ERECHIM, 2011).

Para delimitar das APPs dos cursos d'água gerou-se a rede de drenagem hidrográfica urbana de Erechim/RS, a partir de imagem (SRTM) com resolução de 30 m, denominada Modelo Digital de Elevação – MDE, obtida na base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essa imagem foi processada com uso da ferramenta “*hidrology*” disponível no módulo *ArcToolbox* do software ArcGIS® 10.6.

A delimitação das bacias hidrográficas, obtida na base de dados da IEDE, foi realizada com uso de ferramentas de geoprocessamento, disponível no módulo *ArcMap* do software ArcGIS® 10.6.

A Figura 13 apresenta a rede de drenagem e bacias hidrográficas da área urbana de Erechim/RS

Figura 13 - Hidrografia e Bacias hidrográficas na área urbana do município de Erechim/RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A área urbana do município de Erechim/RS é um divisor de águas para três bacias hidrográficas em termos de Estado do Rio Grande do Sul, sendo que esta divisão ocorre na área urbana, onde para Norte, Leste e Sudeste as águas são drenadas em sentido a Bacia Hidrográfica Apuaê-Inhandava (U010) tendo como orientação hidrográfica no sentido Oeste/Leste e posteriormente para Norte em direção a calha do Rio Uruguai. A porção Oeste e Sudoeste do município apresenta como sentido de drenagem para a Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo

(U020), o qual tem com sentido de drenagem Oeste/Leste e posteriormente Norte, desaguando na Barragem do Rio Passo Fundo e posteriormente no Rio Uruguai.

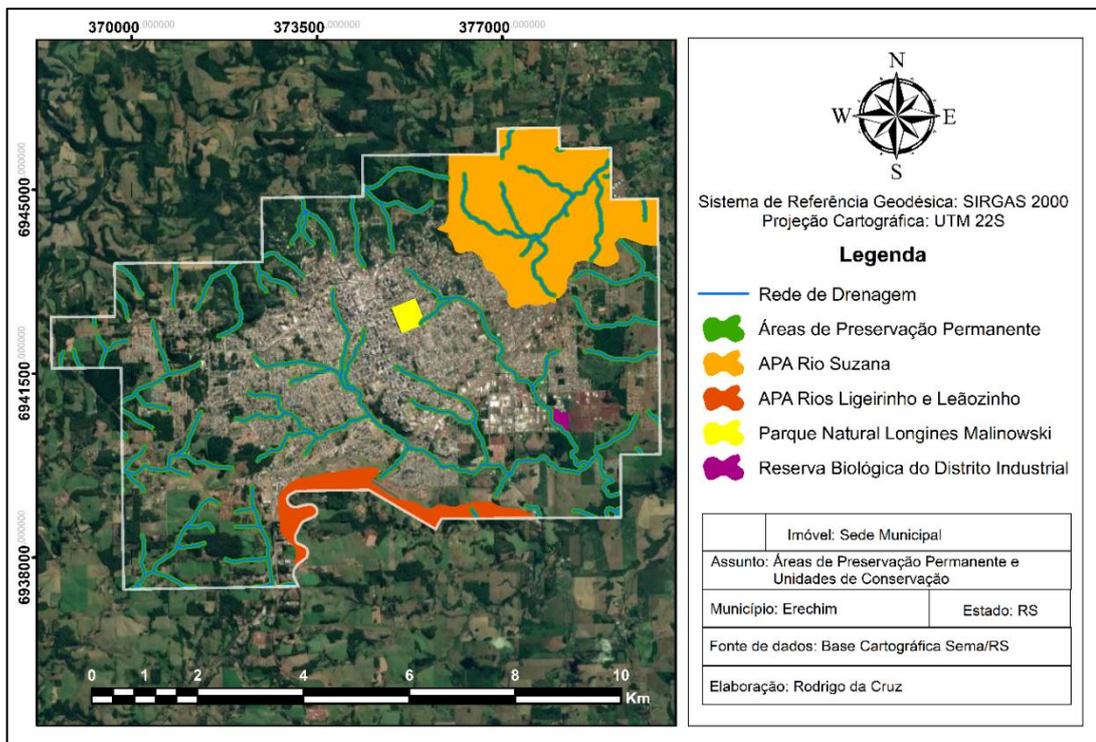
A rede de drenagem é composta por cursos d'água de pequeno porte, com suas nascentes localizadas na área urbana, sendo a maioria alimentada pelas águas pluviais. A obtenção dos dados de hidrografia serviu de base para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente, classificada como uma das categorias de áreas protegidas.

Para a delimitação das APPs ao longo da faixa marginal dos cursos d'água utilizou-se a base de dados correspondentes a rede de drenagem. Para tanto, utilizou-se o comando “*buffer*”, disponível no módulo de geoprocessamento do software ArcGIS® 10.6, delimitando 30 m de faixa para ambas as margens dos cursos d'água.

Referente às UCs, os dados obtidos na base de dados da IEDE, foram tratados e analisados com uso de ferramentas de geoprocessamento disponível no módulo *ArcMap* do software ArcGIS 10.6.

A Figura 14 apresenta a delimitação das Áreas de Preservação Permanente e Unidades de conservação da área urbana do município de Erechim/RS.

Figura 14 - Distribuição das Áreas Protegidas na área urbana do município de Erechim/RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação as UCs, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído através da Lei Federal nº 9.985/2000, estabelece que as UCs consistem em áreas legalmente instituídas pelo poder público, com limites definidos e protegidas devido a sua importância ecológica, ambiental e social, tendo como objetivo principal a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas. Apresentam níveis de preservação diferenciados e formas de gestão que acompanham seus objetivos específicos, estando entre eles, manutenção da diversidade biológica no território nacional e nas águas jurisdicionais; proteção das espécies ameaçadas de extinção; proteção e restauração da diversidade de ecossistemas; promoção do desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento; proteção das paisagens naturais e belezas cênicas; proteção dos recursos hídricos, proteção dos recursos necessários a subsistência de populações tradicionais; e a promoção da educação ambiental e da pesquisa científica.

As UCs são divididas em dois grupos com características específicas:

I – Unidades de Proteção Integral – que têm por objetivo a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceções específicas. O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; e Refúgio de Vida Silvestre.

II – Unidades de Uso Sustentável – que têm por objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A área urbana do município de Erechim/RS possui quatro unidades de conservação sendo estas:

- I. Área de Proteção Ambiental (APA) dos Rios Ligeirinho e Leãozinho;
- II. Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Suzana;
- III. Reserva Biológica do distrito Industrial
- IV. Parque Natural Municipal Longines Malinowski.

I. Área de Proteção Ambiental dos Rios Ligeirinho e Leãozinho

A Área de Proteção Ambiental, conforme dispõe Art. 15 da Lei Federal nº 9.985 de julho de 2000, é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. É constituída por terras públicas ou privadas, e desde que respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Proteção Ambiental.

A APA do Rio Ligeirinho e Leãozinho foi criada em 4 de janeiro de 1994, pela Lei nº 2.595 com o objetivo de assegurar a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental da região dos mananciais e garantir a potabilidade da água coletada para consumo da população da Zona Urbana de Erechim/RS. Os rios Ligeirinho e Leãozinho, tributários do arroio Tigre, são os responsáveis pelo abastecimento do reservatório da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento). A Área de Proteção Ambiental dos Rios Ligeirinho e Leãozinho situa-se no município de Erechim/RS, entre as coordenadas geográficas: 27°39' 38,3" a 27° 42' 48,6" de Latitude Sul e 52° 14' 15" a 52° 17' 23" de Longitude Oeste. Com área total delimitada de 2.121,05 hectares tem a gestão realizada pela Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do estado do Rio Grande do sul.

II. Área de Proteção Ambiental do Rio Suzana

A Área de Proteção Ambiental do Rio Suzana localiza-se na porção nordeste do município de Erechim/RS, entre as coordenadas geográficas 27°34'43"S a 27°37'54"S de Latitude Sul e 52°11'30" W e 52°15'28"W de longitude Oeste. Apresenta uma área total de 2.728,78 ha, a qual está inserida parcialmente no perímetro urbano compreendendo 446,05 ha e apresentando 3 (três) comunidades: Aurora, Demoliner e São Roque. A APA do Rio Suzana possui uma rede de drenagem com extensão de 39,71 Km, formada pelo Rio Suzana e seus vários afluentes com largura e volume de escoamento variável em função da topografia e localização. Pode-se observar que a maior área de ocupação urbana está localizada na porção sudoeste da UC, composta por residências e indústrias. A proteção e gestão da área é realizada pela Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do estado do Rio Grande do sul.

III. Parque Natural Municipal Longines Malinowski

O Parque Natural Municipal Longines Malinowski (PNMLM), categorizado como uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, situa-se na área central do município ocupando uma área de 24,84 hectares. A gestão é realizada pela Secretaria de Meio Ambiente do município de Erechim/RS.

O objetivo básico do Parque Natural é a preservação de ecossistemas naturais, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. A área é de posse e domínio públicos, constitui-se um elemento estrutural urbano de referência e de orientação dos habitantes em virtude da presença do seu componente vegetacional expressivo, além do próprio significado histórico e ecológico do Parque Natural Municipal Longines Malinowski.

IV. Reserva Biológica do Distrito Industrial

A Reserva Biológica está situada, próximo a BR 153, no Bairro Distrito Industrial entre as coordenadas geográficas 27°39'2.94"S a 27°39'17.1"S de Latitude Sul e 52°14 '4.01"W e 52°14'17.13"W de longitude Oeste. Ocupando uma área de 10,28 hectares, e corresponde a um fragmento típico de Floresta Ombrófila Mista com gestão realizada pela secretaria de meio ambiente de Erechim/RS.

Reserva Biológica tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais. A área é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas, de acordo com o que dispõe a lei. É proibida a visitação pública, exceto aquela com objetivo educacional, de acordo com regulamento específico.

3.2.2.4 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Como base para as análises espaciais foi obtida junto a divisão de geração de imagem do INPE a imagem do satélite Landsat-8 sensor OLI, bandas 4-6-7, com resolução espacial de

30 metros, e 15 m para banda 8 pancromática. As bandas 4-6-7 correspondem as faixas de intervalo no espectro eletromagnético do visível (0,64 – 0,67 μm) e infravermelho (1,57 – 2,29 μm).

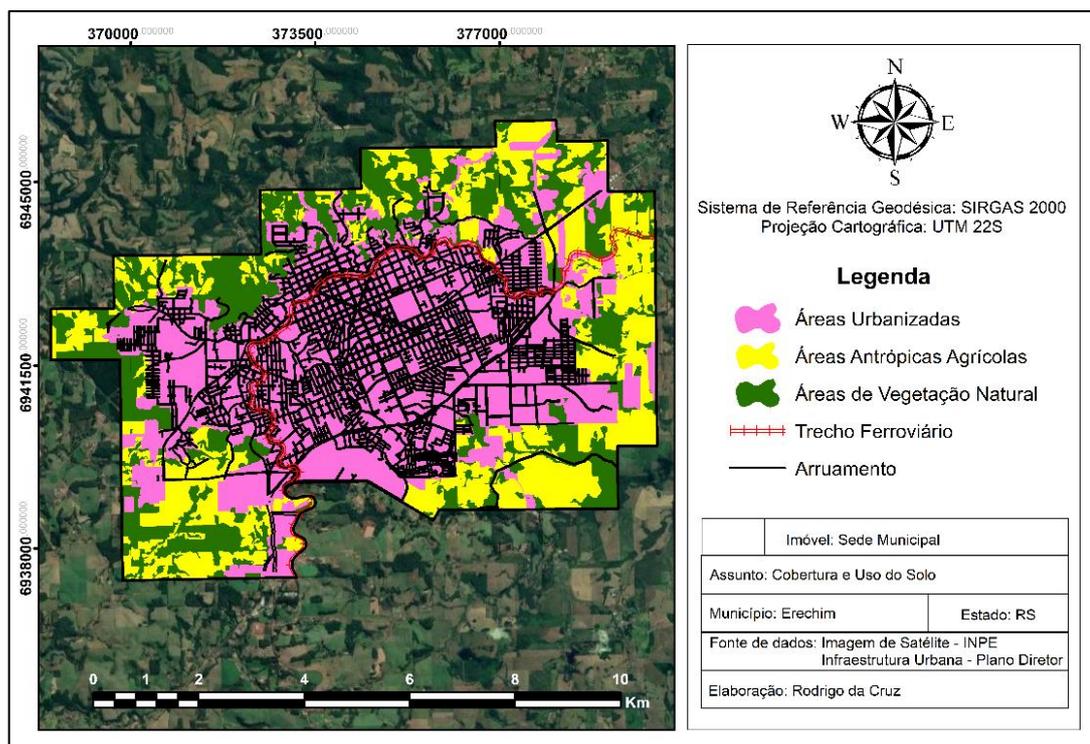
Com base nessa imagem elaborou-se o mapa de uso e cobertura do solo. Para tanto realizou-se a composição das bandas 7-6-4 RGB, usadas para análises urbanas. Após a composição foi realizado a fusão com a banda 8 – pancromática, para melhoria da resolução, com uso da ferramenta “*image analysis*” disponível no software ArcGIS® 10.6. A classificação foi realizada conforme metodologia empregada por Gasparini et al. (2013) utilizando o método de classificação supervisionada por mínima distância, em que se toma como referência, para cada classe, um ponto no espaço multidimensional definido pela média estatística de cada banda espectral considerada. O algoritmo associa cada pixel desconhecido à classe cuja média está mais próxima. Cada pixel dentro e fora das áreas de treinamento é avaliado e assinalado à classe à qual este tem a maior probabilidade de pertencer. Esse método também é chamado de classificação pixel a pixel, é realizado com base na interação da radiação com a superfície dos objetos. Os algoritmos desses métodos analisam a característica espectral de cada pixel da imagem e os categoriza dentro de uma classe específica por meio de métodos estatísticos (SOARES, 2015). Com uso da ferramenta “*image classification*” definiu-se amostras com características de pixel das áreas correspondentes as classes temáticas de estudo e a ferramenta realizou a classificação da cobertura da terra para a área de estudo. Posteriormente realizou-se a consolidação da classificação, ajustes e edição do mapa com uso de ferramentas de geoprocessamento disponíveis no ArcGIS® 10.6.

As classes do uso da terra foram definidas conforme Manual Técnico de Uso e cobertura da Terra do IBGE (2013), considerando a finalidade do estudo, compreendendo as seguintes classes temáticas:

- a) Áreas urbanizadas: compreende áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais com construções, edificações considerando também a arborização urbana.
- b) Áreas antrópicas agrícolas: encontram-se inseridas nesta categoria as lavouras temporárias, pastagens, silvicultura e áreas caracterizadas agrícolas, incluindo terras cultivadas ou em pousio.
- c) Áreas de vegetação natural: abrange capoeira, matas ciliares e cobertura vegetal com características naturais, mesmo vegetação primária sem extrato arbóreo estruturado.

A Figura 15 apresenta a Uso e Cobertura do solo na zona urbana no distrito sede do município de Erechim/RS.

Figura 15 - Uso e Cobertura do Solo do distrito sede do Município de Erechim/RS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3 Processamento de dados

Com o objetivo de padronizar a distribuição dos dados quantitativos de densidade demográfica e grupos vulneráveis, além de estabelecer o uso do solo no espaço urbano de Erechim/RS, adotou-se como divisão para a área de estudo, as unidades de uso do solo estabelecidas pelo Zoneamento do solo urbano conforme Lei municipal nº 6.256, de 15 de dezembro de 2016.

Como base para o processamento de dados utilizou-se os resultados do estudo de mapeamento das APs, realizado por Balestrin (2018). A partir disso tanto os dados de Balestrin (2018) como os dados levantados no âmbito desse trabalho foram processados e distribuídos espacialmente nas unidades de uso através do Software ArcGIS versão 10.6, após a distribuição dos dados no espaço geográfico, os mesmos foram agregados nas APs por meio de ferramentas de geoprocessamento disponíveis no módulo *ArcMap* do Software ArcGIS 10.6, esse procedimento permitiu que cada AP agregasse em sua base de dados as informações pertinentes a sua localização, como: densidade populacional; zona de uso; áreas protegidas, entre outras informações pertinente aos critérios estabelecidos em cada método aplicado, que encontra-se descrito no item 4.1 dos resultados e discussão.

A base de dados gerada para as APs em plataforma SIG após o geoprocessamento, encontrou-se em formato (.dbf), o que permitiu a manipulação em Microsoft Excel. Ressalta-se que a utilização desse software foi adotada no estudo tendo em vista a possibilidade de automatização dos processos de priorização, haja vista que os métodos levantados não indicam as possíveis ferramentas a serem utilizadas para o processo de priorização envolvendo um grande número de APs. Portanto realizou-se a priorização por meio de ferramentas disponíveis em Planilhas Microsoft Excel.

A Figura 16 apresenta a interface inicial da planilha Excel elaborada para o processo de priorização.

Figura 16 - Interface inicial da Planilha de Priorização das APs.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A interface inicial da planilha excel elaborada para a priorização das APs apresenta a divisão em três módulos distintos, sendo estes: módulo 1 - Áreas Potencialmente Contaminadas; módulo 2 - Métodos de Priorização e módulo 3 - Instruções. Cada módulo apresenta hiperlinks que direcionam para a planilha correspondente, portanto ao clicar em determinado módulo abre-se a aba correspondente para que o usuário proceda a inclusão de dados ou a etapa de priorização.

O módulo 1 apresenta os dados referente as APs contendo as informações coletadas de acordo com os critérios considerados pelos métodos.

A Figura 17 apresenta parte da base de dados das APs do município de Erechim/RS.

Figura 17- Interface contendo parte da base de dados das APs.

Empreendimento	Latitude	Longitude	Potencial Poluidor
A5M LTDA - ME	-27,649157	-52,238966	ALTO
ADGL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE CONFECÇÕES LTDA	-27,642891	-52,255636	MÉDIO
ALBINO MÁRIO DALLA VECHIA - ME COMÉRCIO E INDÚSTRIA FRANCI	-27,630470	-52,261096	BAIXO
ALCENIR JOSE ZIS ME	-27,630748	-52,252652	MÉDIO
ALTAIR GOTZ	-27,654414	-52,272374	MÉDIO
ANNY INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE BOLSAS E ACESSÓRIOS PERSONALIZADO	-27,636886	-52,281958	BAIXO
ARTEFATOS DE MADEIRA BEARZI LTDA MÓVEIS BEARZI	-27,639419	-52,244661	MÉDIO
ARTEFATOS DE MADEIRA MADALOZZO LTDA	-27,625352	-52,268645	MÉDIO
ARTEGIANALE INDUSTRIA DE PEDRAS LTDA	-27,643490	-52,253017	ALTO
ASSOCIAÇÃO DE CATADORES RECICLANDO A FAVOR DA NATUREZA	-27,637472	-52,241028	MÉDIO
AUTO DEMOLIDORA TREVO LTDA - EPP	-27,617698	-52,237945	MÉDIO
AUTO POSTO CGP LTDA	-27,640622	-52,295608	MÉDIO
AUTO POSTO CLAGIL LTDA	-27,630700	-52,276400	MÉDIO
AUTO POSTO LOCH LTDA	-27,645490	-52,260127	MÉDIO
AUTO POSTO LORA TORMEN LTDA	-27,640500	-52,232800	MÉDIO

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na Figura 17, parte do cadastro contendo o nome do empreendimento, coordenadas geográficas e potencial poluidor, a base de dados tem continuidade apresentando todas as informações pertinentes aos critérios analisados pelos métodos.

O módulo 2 sobre métodos de priorização direciona para a interface onde são apresentados os métodos identificados para a priorização. A Figura 18 apresenta a interface que permite selecionar algum dos métodos analisados para a etapa de priorização.

Figura 18 - Interface com os métodos de priorização de APs.

Métodos de Priorização para Intervenção em Áreas Potencialmente Contaminadas

CETESB

EEA

EPA

NBR 15.515

Zabeo et al.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EEA - European Environment Agency

EPA - Environmental Protection Agency

NBR 15.515 - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ZABEO et al. - Environment International

← Voltar

Avançar →

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao selecionar um dos métodos o usuário é direcionado para a planilha correspondente onde são apresentados os critérios e formas de priorização, parte essa que é descrita no subitem 3.2.4 conforme cada método, para tanto como exemplo destaca-se a Figura 19 que apresenta os critérios e processo de segmentação de dados para priorização conforme indicado por um dos métodos analisados.

Figura 19 - Interface do processo de priorização por um dos métodos analisados.

The interface is divided into two main sections: 'CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO' and 'ÁREAS PRIORITÁRIAS'.

CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO:

- Potencial:** Radio buttons for ALTO, MÉDIO, and BAIXO.
- Zoneamento:** Dropdown menu with options: Unidade Linear, Unidade Residencial, and Área Industrial.
- Uso do Solo:** Dropdown menu with options: Área Urbanizada, Área Antrópica Agrícola, and Área de Vegetação Nat...
- Bens a Proteger:** Dropdown menu with options: Unidade de Conservação, Rede de Drenagem, and Área de Preservação Permanente.
- Atividade:** Dropdown menu with options: Couro, Fabrica de Produtos Químicos, and Farmacêuticos.

ÁREAS PRIORITÁRIAS:

Empreendedor	Lat.	Long.
BEBIDAS KOLLER LTDA	-27,64905953	-52,29487632
BIO SPEC Indústria QUÍMICA LTDA	-27,653942	-52,250291
C. VACCARO & CIA LTDA	-27,625225	-52,241101
METACOR PINTURAS INDUSTRIAIS EIRELI - ME	-27,642817	-52,242833
R B M INDUSTRIA E COMERCIO DE INSETICIDAS LTDA	-27,639459	-52,278719

A 'Voltar' button is located at the bottom left of the interface.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O módulo 2 sobre Métodos de priorização é interdependente com o módulo 1 que contém as informações das APs, de forma que para a realização a priorização precisa-se haver coerência e sincronia entre os dados do módulo 1 e os critérios do módulo 2.

O módulo 3 concernente as instruções, apresenta de forma concisa e objetiva as recomendações para o procedimento de levantamento e processamento de dados conforme apêndice A, e visa descrever as etapas bem como os dados necessários para que os municípios tenham condições de realizar a priorização em suas APs. Além disso o módulo 3 destaca a relação da priorização das APs com as metas da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável propostas pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Posterior a aplicação dos métodos, as APs indicadas como prioritárias foram tratadas com uso do Software ArcGIS 10.6 para elaboração dos mapas indicando a(s) área(s) prioritária(s) para intervenção.

3.2.4 Métodos de priorização

Esse item apresenta os processos de priorização conforme os métodos levantados na primeira etapa da pesquisa. Destaca-se que o detalhamento dos métodos de priorização quanto aos critérios, são descritos no subitem 4.1 que aborda os resultados da primeira etapa da

pesquisa sobre o levantamento dos métodos. No entanto apresenta-se nessa etapa as ferramentas utilizadas e a forma de apresentação dos resultados.

3.2.4.1 Método Proposto por ZABEO et al. (2011)

Com base no método de priorização proposto por Zabeo et al. (2011) realizou-se a ponderação por meio de critérios que podem ser consultados no subitem 4.1.1 dos resultados e discussão.

Para ponderação utilizou-se a fórmula condicional SE(), disponível em planilha do Microsoft Excel, que permite automatizar o processo, distribuindo a pontuação conforme os critérios estabelecidos e as informações correspondentes encontradas nas respectivas APs.

Após a ponderação das APs em cada critério, realizou-se a soma das pontuações, e as APs que apresentaram a maior pontuação foram indicadas como prioritárias. Posteriormente realizou-se a apresentação dos resultados em mapa e tabela com a(s) AP(s) indicada(s) prioritária(s).

Os critérios em que não foi possível a obtenção de informações, não foram aplicados. Para critérios em que a metodologia original nominava como áreas de proteção natural, realizou-se a adequação para Áreas de Preservação Permanente, tendo em vista tratar-se de áreas equivalentes.

3.2.4.2 Agência Ambiental Europeia - EEA

A abordagem adotada pela Agência Ambiental Europeia considera os critérios e ponderação adotados por Zabeo et al. (2011), porém acrescenta informações sobre o tamanho da potencial fonte, o ano de início das atividades e o potencial meio impactado caracterizado como as principais vias de transporte, a saber: solo, águas subterrâneas, a volatilização e transporte pelo ar, e a migração da contaminação por águas de superfície.

Considerando a indisponibilidade de dados sobre o tamanho da potencial fonte de contaminação e o ano de início das atividades, tornou-se inviável a aplicação desses critérios analisando somente o critério de potencial meio impactado.

Para gerar tal informação levou-se em consideração o tipo de atividade e qual tipo de resíduo produzido, para tanto realizou-se consulta a literatura para caracterização do resíduo quanto, em caso de uma potencial contaminação, se o mesmo causaria impacto no solo, água

subterrânea/superficial e/ou volatilizaria impactando o ar. Dessa forma essa etapa visou definir como o resíduo pode atingir os receptores.

Para as APs com atividades em que não foi possível tal caracterização sobre a informação do potencial meio impactado, devido ao não conhecimento do potencial resíduo, tipificou-se como desconhecido, não recebendo pontuação no processo de ponderação.

Para ponderação foi utilizado a planilha excel através da fórmula condicional SE(), distribuindo a pontuação conforme os critérios estabelecidos e a informações correspondentes encontradas nas respectivas APs. Posteriormente realizou-se a apresentação dos resultados em mapa de priorização e tabela com a(s) AP(s) indicada(s) prioritária(s).

3.2.4.3 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB

A Metodologia CETESB propõe a priorização das APs estabelecendo-se critérios de acordo com as informações disponíveis, não sendo realizado ponderação.

A partir dos dados das APs em planilha Excel utilizou-se ferramentas de segmentação de dados que permitiram priorizar as APs de acordo com critérios adotados.

No âmbito desse trabalho realizou-se a priorização selecionando os seguintes critérios de classificação: Potencial Poluidor, Bens a proteger, uso do solo, Zoneamento e tipo de atividade.

Por meio da seleção desses critérios o Microsoft Office Excel retornou como resultado as APs caracterizadas como atividades de alto potencial poluidor localizada em área com bens a proteger unidade de conservação, com uso do solo tipificado como área urbanizada, definido pelo zoneamento como unidade residencial além de atividade tipificada como fabricação de produtos químicos.

Os resultados foram apresentados em mapa de priorização elaborado em plataforma SIG com uso do Software ArcGIS versão 10.6, além de tabela indicando o tipo de atividade da(s) AP(s) prioritária(s).

3.2.4.4 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA

A Metodologia adotada pela EPA estabelece os critérios que devem ser considerados para a priorização sem necessidade de ponderação, da mesma forma que a metodologia CETESB, utilizou-se ferramentas de segmentação de dados da planilha do Excel para priorizar

as APs de acordo com os critérios de: tipo de resíduo; potencial fonte de contaminação; potenciais meios impactados; zoneamento de uso do solo; densidade populacional.

Por meio da seleção desses critérios o Excel retornou aos comandos com as APs caracterizadas com tipo de resíduo BTEX (benzeno, etilbenzeno, tolueno e xilenos); HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), que podem atingir o solo e água subterrânea por meio de vazamento ou infiltração, em unidade residencial com densidade populacional acima de 5000 hab/km².

Os resultados foram apresentados em mapa de priorização elaborado em plataforma SIG com uso do Software ArcGIS versão 10.6, além de tabela indicando o tipo de atividade da(s) AP(s) prioritária(s).

3.2.4.5 Avaliação preliminar de passivo ambiental em solo e água subterrânea – NBR 15515

A metodologia NBR 15.515 prioriza por meio de critérios e ponderação, avaliando características das atividades desenvolvidas nas APs, com base no tipo de atividade desenvolvida em cada AP e nos bens a proteger.

As informações de uso do solo e áreas com bens a proteger, foram as mesmas abordadas pelo método de Zabeo et al. (2011) e EEA. O método ainda considera dados sobre o: volume de resíduos; dimensões da área e substâncias presentes na área, no entanto não foi possível a aplicação de tais critérios em virtude da indisponibilidade de dados.

Da mesma forma, para ponderação foi utilizado a planilha Excel através da fórmula condicional SE(), distribuindo a pontuação conforme os critérios estabelecidos e as informações correspondentes encontradas nas respectivas APs.

Os resultados foram apresentados em mapa de priorização elaborado em plataforma SIG com uso do Software ArcGIS versão 10.6. e tabela indicando o tipo de atividade da(s) AP(s) prioritária(s).

3.3 Análise dos métodos

A análise dos métodos baseou-se: na comparação dos critérios adotados para priorização verificando aqueles considerados simultaneamente por mais de um método, bem como critérios específicos adotados apenas algum dos métodos; Verificou-se quais APs foram indicadas prioritárias por mais de um método; também analisou-se a forma de aplicação para a priorização

das APs, se por meio de ponderação, segmentação de dados ou outra forma; além disso destacou-se a disponibilidade de dados considerando os critérios em que foi possível obtê-los e os que não foram possíveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse item são apresentados os resultados obtidos nas etapas da pesquisa. O subitem 4.1 apresenta os métodos de priorização para intervenção em APs identificados a nível nacional e internacional; no subitem 4.2 são apresentados os resultados de priorização de APs de acordo com os diferentes métodos aplicados, e no subitem 4.3 é apresentado a análise dos métodos levantados e aplicados para priorização de intervenção nas APs da área urbana do município de Erechim/RS.

4.1 Levantamento dos Métodos

Nesse item são apresentados os resultados da primeira etapa da pesquisa referente ao levantamento que identificou cinco métodos passíveis de aplicação no processo de priorização sendo: três métodos provenientes de Agências Ambientais (duas internacionais e uma nacional); uma norma brasileira e um método publicado em periódico internacional baseado em estudo de caso aplicado na Polônia.

4.1.1 Método Proposto por ZABEO et al. (2011)

O método proposto por Zabeo et al. (2011) para priorização de APs, foi desenvolvido e aplicado na Polônia, sendo baseado na análise dos elementos que compõem o local onde a AP está situada, esse método propõem a ponderação de acordo com as classes e pontuação na escala de 0 até 1, com posterior soma dos resultados obtidos de cada critério. Os critérios, como parâmetros e escala de ponderação foram elaboradas por especialistas que atuam em instituições de pesquisa e gestão de áreas com potencial de contaminação daquele país.

A Tabela 1 apresenta os critérios, descrição, classe e pontuação considerados no método de priorização proposto por Zabeo et al. (2011).

Tabela 1 – Critérios, descrição classe e pontuação para priorização das APs.

Critério	Descrição	Classe	Ponto
Uso do solo		Unidade Residencial	1
		Área Antrópica Agrícola	0,8
		Unidade de Conservação	0,6
		Área de Preservação Permanente	0,6
		Área de Vegetação Natural	0,4
		Área industrial	0,2
		Unidade de Serviço	0,2
		Outros usos	0,1
Tipo de proteção das Áreas Protegidas		Proteção Estadual	1,00
		Proteção Municipal	0,80
		Proteção Natural	0,60
		Área Ecológica	0,50
Extensão das Áreas Protegidas (m²)	Grande extensão	Acima de 50 ha	1,00
	Média extensão	5,01 - 50 ha	0,67
	Pequena extensão	Até 5 ha	0,30
Densidade Populacional	Alta densidade	Acima de 2000 hab/km ²	1
	Média densidade	251 – 2000 hab/km ²	0,5
	Baixa densidade	Até 250 hab/km ²	0,25
% Grupos Vulneráveis	Alto	Acima de 40 %	1
	Médio-alto	30,01 - 40 %	0,7
	Médio-baixo	20, 01 -30 %	0,5
	Baixo	Até 20 %	0,3
Uso da Água Superficial		Público	1
		Privado	0,9
		Irrigação	0,8
		Industrial/Comercial	0,5
		Outros usos	0,3
		Não Usado	0,1
		Sem massa de água	0
Grau de Isolamento Águas Subterrâneas	Inferior a 15 m	A - Baixa	1
	15 - 50 m	B - Médio	0,5
	Superior a 50 m	C - Alto	0

Fonte: Zabeo et al. (2011).

O método de avaliação de vulnerabilidade proposto por Zabeo et al. (2011) considera os atributos espaciais dos receptores dividindo em cinco etapas, a saber:

- a) Identificação dos critérios;
- b) Identificação dos atributos relevantes para a estimativa da vulnerabilidade de cada receptor de áreas potencialmente contaminadas;
- c) Atribuição de valores de atributos a receptores por meio de análise espacial;

- d) Normalização dos valores dos atributos em escala definida por especialistas;
- e) Agregação dos valores dos atributos para estimar a vulnerabilidade do receptor através do somatório das pontuações.

Para o estudo de vulnerabilidade os autores subdividiram a área de interesse em áreas menores chamadas de Unidades Territoriais Estatística. Com os dados trabalhados para essas áreas individualmente, possibilitou verificar qual região apresentava maior vulnerabilidade, no que diz respeito à Saúde Humana e Áreas Protegidas.

Destaca-se entre os critérios avaliados além da densidade populacional, a característica da população em relação aos grupos vulneráveis considerando crianças e adolescentes menores de 14 anos e adultos maiores de 65 anos com maior vulnerabilidade as APs.

Esse método foi desenvolvido e aplicado em uma área da região da Alta Silésia, na Polônia, selecionada pela alta ocorrência áreas potencialmente contaminadas e a presença de bens a proteger (por exemplo, seres humanos, áreas protegidas e assim por diante). O conjunto de dados utilizado para a aplicação foi extraído do banco de dados geodinâmico, coletando as informações disponível relevantes para o estudo. A base de dados foi desenvolvida por especialistas em SIG do Instituto Polonês de Ecologia de Áreas Industriais (IETU) com o uso do software ArcGIS, utilizando também dados fornecidos pelo Instituto Geológico Polonês (PGI).

A seleção dos dados de entrada se baseou em evidências científicas, ou conhecimento sobre a região e os processos em análise e disponibilidade de dados regionais. Esta é uma característica distintiva desta metodologia que é adaptável a diversos conjuntos de dados e contextos regionais.

A análise de vulnerabilidade destacou como as Unidades Territoriais (UTs) mais vulneráveis, aquelas com alta densidade populacional, maior porcentagem de grupos vulneráveis e caracterizadas pelo uso residencial. Por outro lado, a área agrícola com baixa densidade populacional recebeu menor pontuação de vulnerabilidade.

4.1.2 Agência Ambiental Europeia - EEA

A Agência Ambiental Europeia - *European Environmental Agency* (EEA) vem ao longo do tempo utilizando diversos métodos, em suas publicações encontram-se documentos com a revisão de 27 métodos internacionais existentes e documentados para avaliação preliminar de risco de locais potencialmente contaminados.

Dentre os métodos analisados no relatório da EEA, ressaltamos o proposto de Pizzol et al. (2011) que buscou aprimorar os métodos disponíveis em um novo método para classificação de locais potencialmente contaminados em escala regional, usando informações espaciais, abordagem essa que não era contemplada nos métodos dispostos no relatório da EEA, e vem sendo utilizado para classificação de APs em países da União Europeia.

Este método foi implementado no âmbito do sistema de apoio à decisão espacial para a avaliação regional de riscos de áreas degradadas, que foi desenvolvida em colaboração com a Comissão Europeia. Destina-se a auxiliar as autoridades nacionais e regionais no inventário e avaliação de locais potencialmente contaminados em escala regional. O objetivo geral do sistema é classificar locais potencialmente contaminados, a fim de identificar as áreas que podem requerer intervenção a curto prazo.

Esse método vem complementar o proposto por Zabeo et al. (2011) e consiste em acrescentar informações sobre o tamanho da potencial fonte, o ano de início das atividades e o potencial meio impactado, caracterizado como as principais vias de transporte, a saber: solo; águas subterrâneas, e superficial; volatilização e transporte pelo ar. Dessa forma além de considerar os critérios apresentados no item 4.1.1, acrescenta os critérios descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios de descrição e pontuação para priorização das APs.

Critério	Descrição	Ponto
Tamanho da Potencial Fonte	>1.500.000 m ²	10
	500.001 - 1.500.000 m ²	8,3
	150.001 - 500.000 m ²	6,7
	50.001 - 150.000 m ²	5
	15.001 - 50.000 m ²	3,3
	5.001-15.000 m ²	1,7
	<5.000 m ²	0,3
Ano de início das atividades	Anterior à 1980	3
	1980-2010	2
	Após 2010	1
Potencial meio impactado	Água Superficial	2
	Água Subterrânea	3
	Solo	3
	Ar	3

Fonte: EEA (2011).

Destaca-se que esse método foi implementado no âmbito do sistema de apoio à decisão espacial para a avaliação de áreas degradadas, que foi desenvolvido em colaboração com a Comissão Europeia. Destina-se a auxiliar as autoridades nacionais e regionais na avaliação de

locais potencialmente contaminados em escala regional e a classificar as áreas que podem requerer intervenção a curto prazo.

4.1.3 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB

O procedimento de priorização das Áreas Potencialmente Contaminadas (APs) adotado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é baseado no levantamento das informações obtidas na etapa de identificação de APs, com destaque para a localização, descrição da atividade potencialmente contaminadora desenvolvidas nessas áreas, potencial poluidor, além da localização de bens a proteger na região de interesse. A partir desse levantamento adota-se os critérios de prioridade com base na localização, a descrição da atividade potencialmente contaminadora, desenvolvidas nessas áreas, e a localização dos bens a proteger, dentro da região de interesse.

Portanto, a seleção das APs prioritárias deve ser realizada de maneira simples, estabelecendo-se critérios claros e objetivos. Por exemplo, pode-se escolher áreas localizadas em regiões com bens a proteger importantes, como áreas de proteção dos mananciais ou áreas densamente populosas ou, caso seja estabelecido que o objetivo principal do gerenciamento, em uma determinada região de interesse, seja proteger a qualidade das águas superficiais utilizadas para abastecimento, as APs a serem priorizadas serão aquelas localizadas dentro das bacias hidrográficas dos reservatórios utilizados para abastecimento de água. Outro exemplo, caso seja estabelecido pelo órgão gerenciador, que uma determinada atividade industrial seja a principal causadora de problemas ambientais na região de interesse, as APs a serem priorizadas serão aquelas onde essa atividade é ou foi desenvolvida. Os resultados dessa etapa devem ser apresentados em relatório contendo os critérios utilizados, sua interpretação e mapas contendo a localização das áreas priorizadas na região de interesse.

Dessa forma, o procedimento permite de maneira ampla e de acordo com o entendimento do gestor definir os critérios de priorização.

4.1.4 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas nos Estados Unidos é realizado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency - EPA*).

A EPA descreve a avaliação preliminar como a primeira etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas e, sendo assim, consiste na coleta das informações históricas referentes ao local, o que permite o entendimento dos riscos da área para a saúde humana e o meio ambiente e se existe a necessidade de uma investigação mais detalhada. Além disso, entende-se que essa primeira etapa auxilia na determinação do tempo em que as ações corretivas devem ocorrer: ações imediatas ou de curto prazo. A investigação da área abrange a análise de três elementos: água, ar e solo, identificando quais as substâncias que podem ser liberadas no ambiente (EPA, 2015).

Para otimizar os processos de gerenciamento das áreas contaminadas, a EPA utiliza a Lista Nacional de Prioridades (*National Priorities List - NPL*), com informações das áreas que possam exigir intervenção a curto prazo. O NPL tem por objetivo guiar a EPA em determinar os locais prioritários a investigação adicional.

As áreas são listadas na NPL após a conclusão da triagem do sistema de classificação de risco, sendo o principal mecanismo que a EPA utiliza para gerir áreas cadastradas na lista nacional de prioridades (NPL). Refere-se a um sistema de triagem baseado em informações de investigações iniciais e limitadas a avaliação preliminar e a inspeção do local, para avaliar o potencial das áreas que pode constituir uma ameaça à saúde humana ou ao meio ambiente.

O sistema de priorização tem uma abordagem estruturada em indicar áreas prioritárias de acordo com características da potencial fonte de contaminação, potencial meio impactado (água subterrânea e/ou superficial, solo e ar), pessoas ou ambiente afetado.

A abordagem dessa metodologia para gestão de locais potencialmente contaminados é baseada considerando os usos do solo, identificação de prováveis receptores, e determinação das vias de exposição dos contaminantes em uma potencial situação de contaminação.

Destaca-se que a EPA dispõe de um programa do governo federal norte-americano responsável por prover os recursos financeiros para o GAC. A Lei de Responsabilidade, Compensação e Recuperação Ambiental (*Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability - Cercla*), também chamada de Super Fundo, aprovada pelo congresso dos Estados Unidos em 1980, com o propósito de identificar, investigar e restaurar áreas que contêm substâncias perigosas que foram introduzidas no meio por atividades humanas, como, por exemplo, indústrias, aterros sanitários, entre outros (USEPA, 2015). Os recursos do Programa Super Fundo são utilizados quando existe a identificação da pessoa física ou empresa responsável pela contaminação na área identificada pelo Escritório de Remediação e Inovação Tecnológica do Super Fundo (*Office of Superfund Remediation and Technology Innovation - OSRTI*) da Usepa, ou quando a pessoa ou empresa não pode pagar pelo processo

de descontaminação, ou restauração da área afetada. A restauração das áreas objetiva sua recuperação a níveis que não comprometam a saúde da população e o meio ambiente (USEPA, 1996). Nessa perspectiva a priorização é essencial para que os recursos sejam aplicados de maneira otimizada. Priorizando o financiamento em áreas que realmente ofereçam riscos à saúde humana e meio ambiente, além disso, auxilia na determinação do tempo em que as ações corretivas devem ocorrer.

4.1.5 Avaliação preliminar de passivo ambiental em solo e água subterrânea – NBR 15.515

A NBR 15.515-1 estabelece os procedimentos mínimos para avaliação preliminar de passivo ambiental visa a identificação de indícios de contaminação de solo e água subterrânea. Ressalta-se que esta metodologia não tem a finalidade de priorização de APs, no entanto sua abordagem vem ao encontro do levantamento de dados para a etapa de priorização apresentando potencial de aplicação neste trabalho, pois os dados obtidos para a avaliação permitem estabelecer uma primeira classificação das áreas anteriormente identificadas como APs.

A etapa inicial de avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea, conforme ABNT NBR 15.515-1, consiste em avaliação preliminar, a qual identifica a possível existência de contaminação na área. Havendo indícios na avaliação preliminar, realiza-se a etapa de investigação confirmatória.

A avaliação preliminar é a realização de diagnóstico mediante coleta de dados existentes e realização de reconhecimento da área. A norma em suas primícias estuda os dados sobre o histórico da área e sobre as atividades que estão ou foram desenvolvidas entre outras informações. Os critérios avaliados são ponderados por meio de classes em uma escala de 1-3, desta forma cada APs recebe uma pontuação e como resultado as áreas com maiores pontuação são indicadas para intervenção.

A Tabela 3 apresenta os critérios considerados para a priorização conforme NBR 15.515.

Tabela 3 - Critérios descrição de priorização das APs conforme NBR 15.515.

Tipo de atividade industrial/comercial
Tipo de Resíduos
Volume de resíduos
Dimensões da área industrial/comercial
Substâncias presentes na área
Ocupação do solo/áreas com bens a proteger

Fonte: Adaptado de NBR 15.515.

Cada critério apresenta classes com diferentes pontuações, no entanto optou-se por apresentar apenas os critérios devido ao grande número de classes. Destaca-se que os detalhes sobre as classes e respectivas pontuações podem ser obtidos diretamente na ABNT/NBR 15.515.

4.2 Aplicação dos métodos

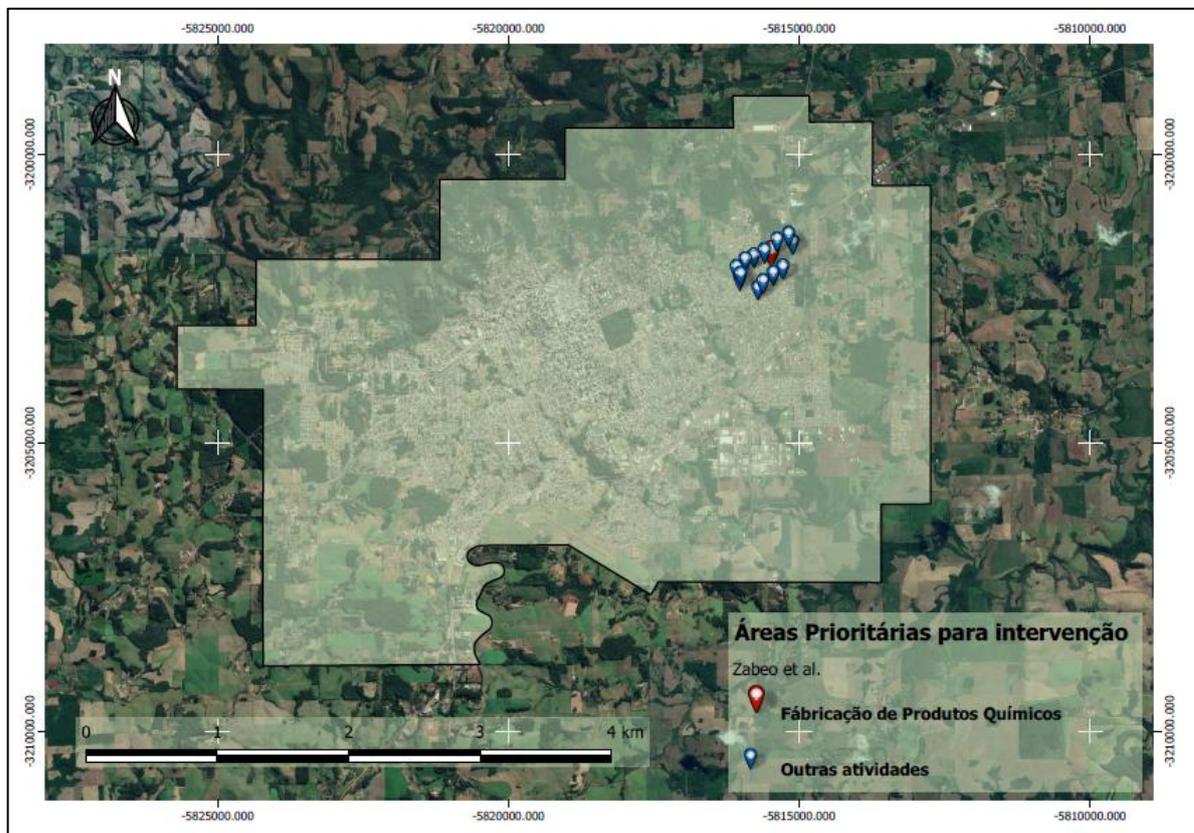
Nesse item são apresentados os resultados da aplicação dos métodos para priorização de APs localizadas na área urbana do município de Erechim/RS.

4.2.1 Método Proposto por ZABEO et al. (2011)

O método proposto por Zabeo et al. (2011) indicou como prioritárias para intervenção um conjunto de 16 APs.

A Figura 20 apresenta a localização das APs indicadas como prioritárias para intervenção.

Figura 20 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção - Zabeo et al. (2011).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 4 apresenta as coordenadas geográficas e as respectivas atividades das APs indicadas como prioritárias.

Tabela 4 - Coordenadas Geográficas das APs prioritárias para intervenção – Zabeo et al. (2011).

Latitude	Longitude	Atividade
-27,626581	-52,244013	Outras atividades
-27,625225	-52,241101	Fabricação de Produtos Químicos
-27,625887	-52,242374	Indústria Têxtil
-27,628998	-52,241041	Outras atividades
-27,624716	-52,238010	Outras atividades
-27,628989	-52,246072	Outras atividades
-27,628109	-52,239541	Outras atividades
-27,624387	-52,240429	Outras atividades
-27,630998	-52,243402	Outras atividades
-27,629692	-52,246235	Outras atividades
-27,627106	-52,245333	Outras atividades
-27,628192	-52,246735	Outras atividades
-27,630147	-52,242638	Outras atividades
-27,625831	-52,242221	Outras atividades
-27,623606	-52,238655	Outras atividades
-27,629134	-52,246063	Outras atividades

Fonte: Elaborado pelo autor.

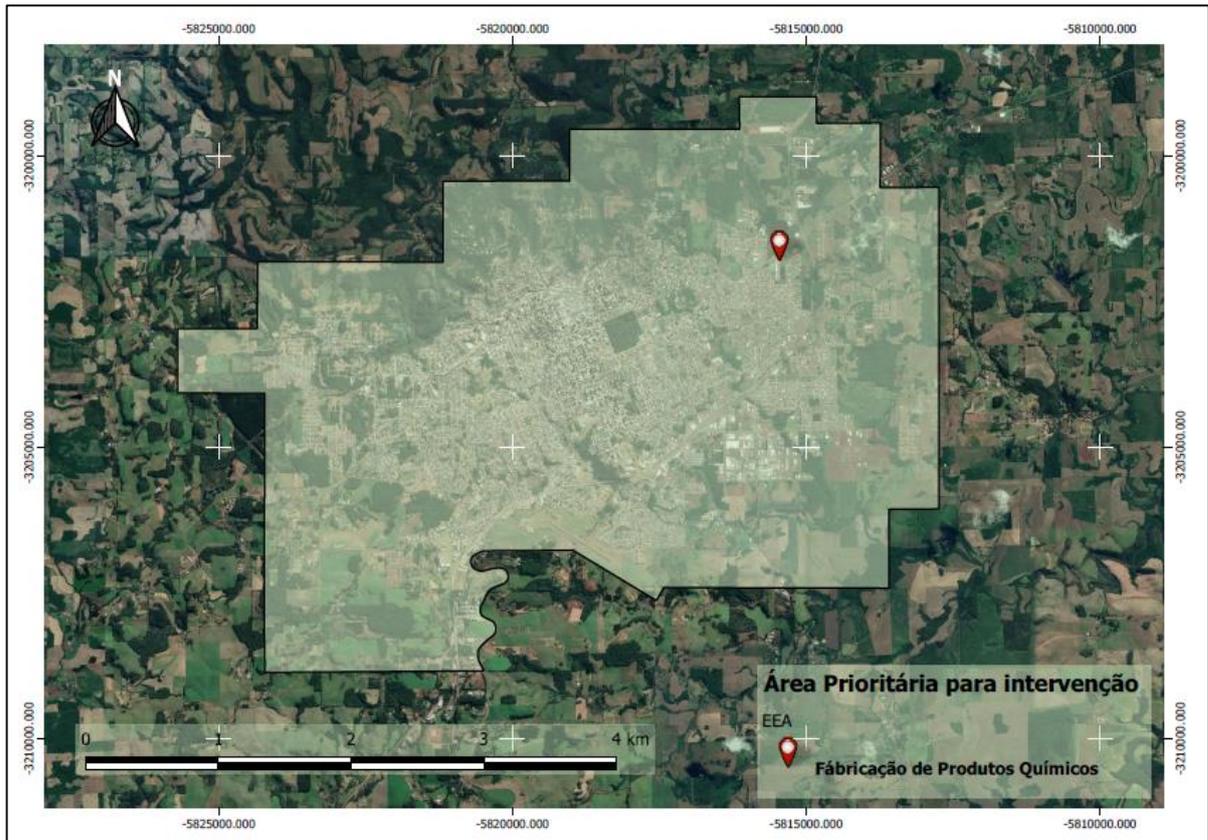
O método caracteriza-se por considerar em sua análise critérios do meio físico, não considerando aspectos das atividades desenvolvidas em cada AP. Configura-se como uma forma de priorização baseada na vulnerabilidade do ambiente em que está inserida, percebe-se que as APs indicadas como prioritárias estão localizadas em uma unidade residencial incluídas na Área de Proteção Ambiental do Rio Suzana, com densidade populacional acima de 2000 habitantes/km². A característica de concentração da população e por estarem inseridas em uma unidade de conservação são aspectos relevantes considerados no gerenciamento de APs tendo em vista os potenciais receptores.

4.2.2 Agência Ambiental Europeia - EEA

O método utilizado pela EEA indicou apenas uma área como prioritária para intervenção.

A Figura 21 apresenta a localização da AP prioritária para intervenção de acordo com o método EEA.

Figura 21 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção - EEA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 5 apresenta a coordenada geográfica e a respectiva atividade da AP indicada como prioritária.

Tabela 5 – Coordenada Geográfica da AP prioritárias para intervenção – EEA.

Latitude	Longitude	Atividade
-27,625225	-52,241101	Fabricação de Produtos Químicos

Fonte: Elaborado pelo autor.

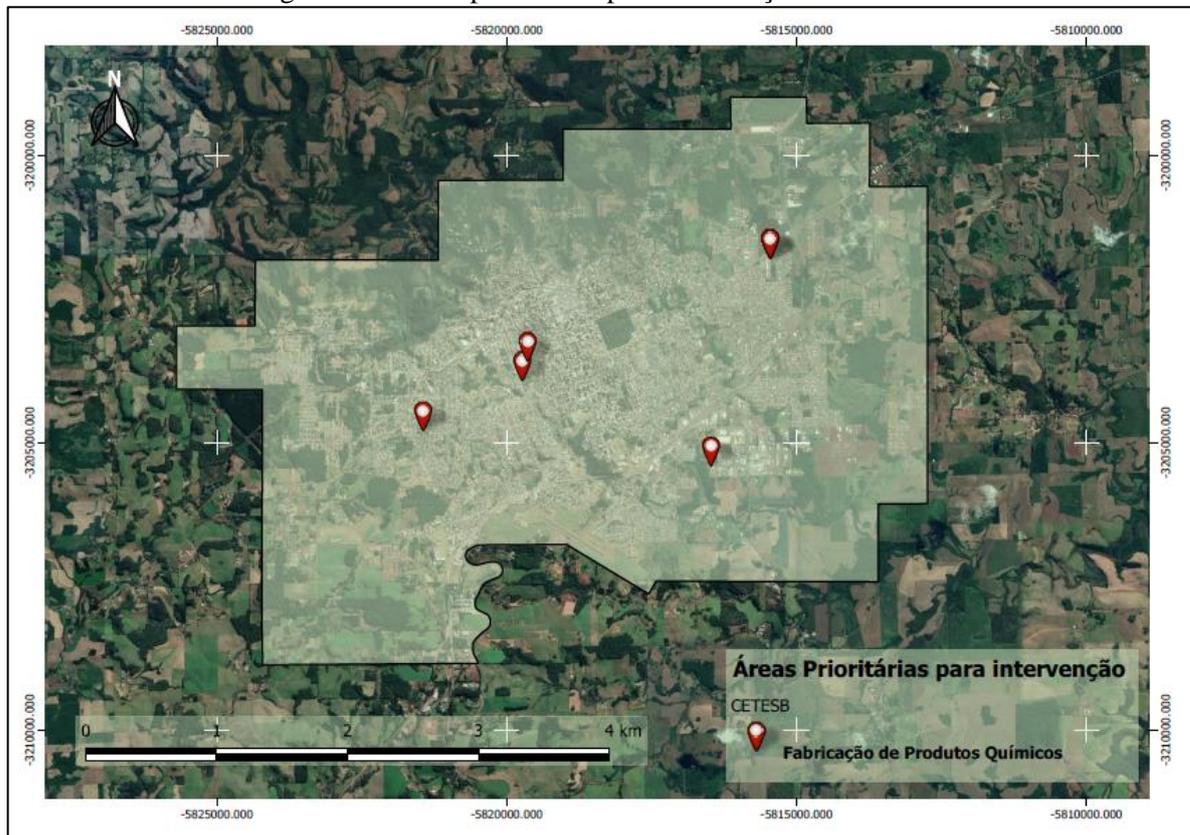
Ressalta-se que esse método se baseia nos critérios da metodologia proposta por Zabeo et al. (2011) com a inclusão da informação sobre o potencial meio impactado sendo água superficial; subterrânea; solo e ar. A inclusão dessa informação permitiu indicar uma área em específico em que além de estar situada em uma área de maior vulnerabilidade é uma atividade com fabricação de produtos químicos.

4.2.3 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB

O método adotado pela CETESB indicou cinco áreas prioritárias para intervenção.

A Figura 22 apresenta a distribuição das APs prioritárias para intervenção conforme critérios da CETESB.

Figura 22 - Áreas prioritárias para intervenção - CETESB.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 6 apresenta as coordenadas geográficas e as respectivas atividades das APs indicadas como prioritárias.

Tabela 6 - Coordenadas Geográficas das APs prioritárias para intervenção - CETESB.

Latitude	Longitude	Atividade
-27,625225	-52,241101	Fabricação de Produtos Químicos
-27,649059	-52,294876	Fabricação de Produtos Químicos
-27,653942	-52,250291	Fabricação de Produtos Químicos
-27,642120	-52,297537	Fabricação de Produtos Químicos
-27,639459	-52,278719	Fabricação de Produtos Químicos

Fonte: Elaborado pelo autor.

As cinco APs prioritárias para intervenção são tipificadas como atividades de fabricação de produtos químicos, essa característica pode ser explicada pela característica de alto potencial

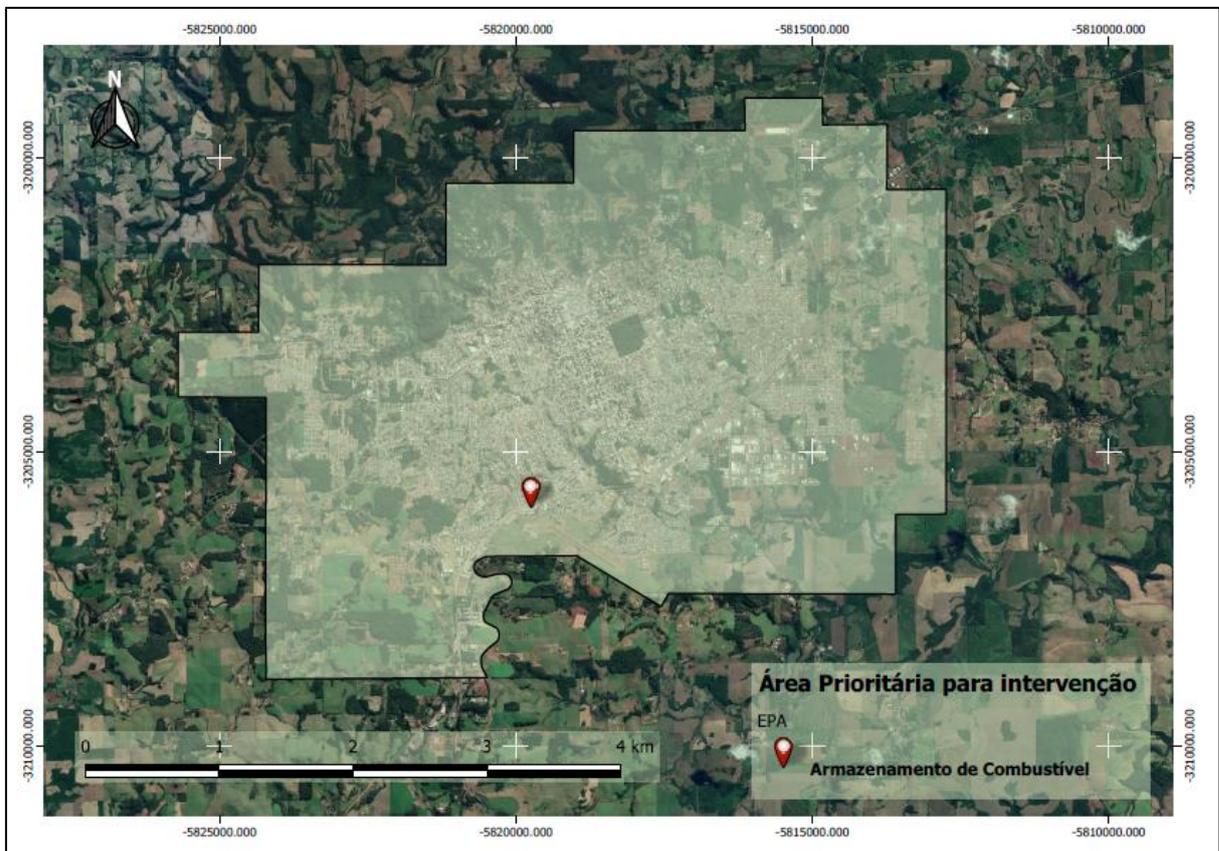
poluidor além de serem atividades localizadas em unidades residenciais, tendo em vista que a metodologia considera tais informações.

4.2.4 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA

O método empregado pela EPA indicou uma área como prioritária à intervenção.

A Figura 23 demonstra a localização da AP prioritária para intervenção de acordo com essa metodologia.

Figura 23 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção – EPA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 7 apresenta a coordenada geográfica e a respectiva atividade da AP indicada como prioritária.

Tabela 7 - Coordenada Geográfica da AP prioritárias para intervenção – EPA.

Latitude	Longitude	Atividade
-27,658238	-52,279618	Armazenamento de Combustível

Fonte: Elaborado pelo autor.

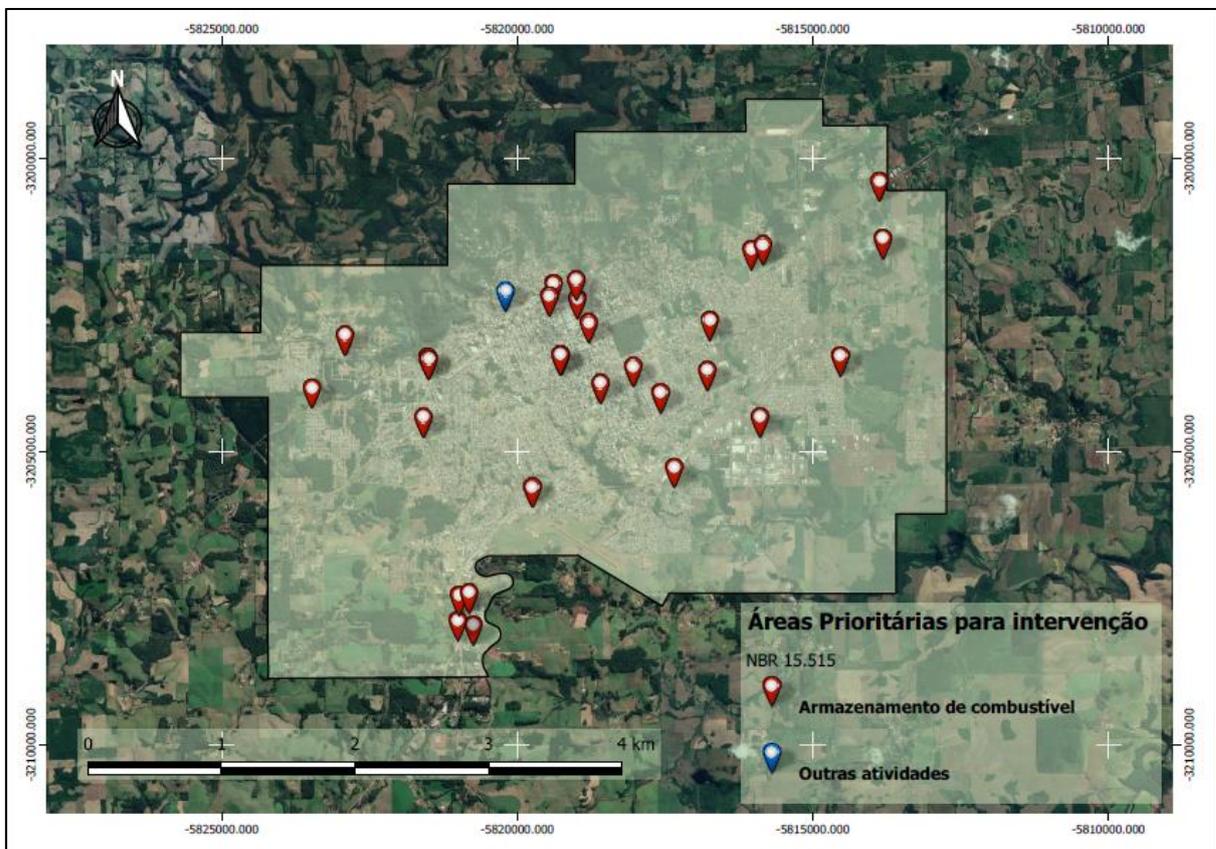
Devido ao sistema de priorização ter uma abordagem estruturada em indicar áreas prioritárias de acordo com características da potencial fonte de contaminação, potencial meio impactado (água subterrânea e/ou superficial, solo), pessoas ou ambiente afetado. Essa metodologia indicou prioritárias para intervenção, a AP com atividade de armazenamento de combustível, considerando que está situada em unidade de uso residencial, com alta densidade populacional (maior que 6 mil hab/km²), com potencial de liberar (BTEX; HPA) através de vazamento ou infiltração apresentando potencial de contaminar o solo, água subterrânea e superficial.

4.2.5 Avaliação preliminar de passivo ambiental em solo e água subterrânea – NBR 15.515

O método NBR 15.515 indicou 30 áreas como prioritárias para intervenção.

A Figura 24 apresenta a distribuição das APs prioritárias para intervenção conforme critérios propostos pela NBR 15.515.

Figura 24 - Distribuição das áreas prioritárias para intervenção – NBR 15.515.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dessa priorização percebe-se uma distribuição uniforme das APs no perímetro urbano, além disso, observa-se que das 30 APs indicadas como prioritárias para intervenção, 28 correspondem a atividades de armazenamento de combustível. Portanto destaca-se a ênfase da metodologia em relação aos resíduos e forma de contaminação que pode ocorrer nessas áreas por meio de vazamento e infiltração, além do potencial de contaminar o solo e água subterrânea.

A Tabela 8 apresenta as coordenadas geográficas e as respectivas atividades das APs indicadas como prioritárias.

Tabela 8 - Coordenadas Geográficas das APs prioritárias para intervenção – NBR 15.515.

Latitude	Longitude	Atividade
-27,640622	-52,295608	Armazenamento de combustível
-27,630700	-52,276400	Armazenamento de combustível
-27,645490	-52,260127	Armazenamento de combustível
-27,640500	-52,232800	Armazenamento de combustível
-27,632719	-52,272829	Armazenamento de combustível
-27,632719	-52,272829	Armazenamento de combustível
-27,658238	-52,279618	Outras Atividades
-27,640354	-52,275305	Outras Atividades
-27,676971	-52,288629	Armazenamento de combustível
-27,640340	-52,275376	Armazenamento de combustível
-27,640948	-52,295449	Armazenamento de combustível
-27,630190	-52,272957	Armazenamento de combustível
-27,676361	-52,290977	Armazenamento de combustível
-27,675802	-52,290438	Armazenamento de combustível
-27,644829	-52,313166	Armazenamento de combustível
-27,641896	-52,264291	Armazenamento de combustível
-27,626069	-52,246394	Armazenamento de combustível
-27,616786	-52,226935	Armazenamento de combustível
-27,624570	-52,226347	Armazenamento de combustível
-27,648800	-52,296200	Armazenamento de combustível
-27,632344	-52,277029	Armazenamento de combustível
-27,626069	-52,246394	Armazenamento de combustível
-27,635970	-52,271096	Armazenamento de combustível
-27,672586	-52,288942	Armazenamento de combustível
-27,672930	-52,290796	Armazenamento de combustível
-27,672583	-52,289261	Armazenamento de combustível
-27,625403	-52,244592	Armazenamento de combustível
-27,642440	-52,253050	Armazenamento de combustível
-27,635656	-52,252716	Armazenamento de combustível
-27,648753	-52,245057	Armazenamento de combustível
-27,637666	-52,308130	Armazenamento de combustível

Fonte: Elaborado pelo autor

Destaca-se que as atividades de armazenamento de combustível não se referem unicamente aos postos de combustíveis, mas também a cooperativas ou outras atividades em que exista armazenamento de combustível.

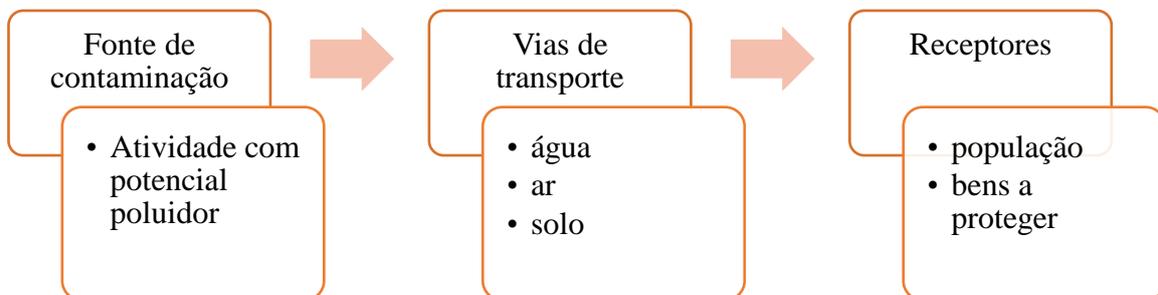
4.3 Análise dos Métodos

A priorização de APs em uma região de interesse visa à utilização racional dos recursos destinados à execução das etapas do GAC, tendo em vista o elevado número de áreas normalmente envolvidas nesse processo.

Os métodos identificados são aplicados para classificar os locais com base em dados disponíveis, a fim de planejar ações prioritárias em termos de investigação confirmatória e detalhada, e quando necessárias medidas corretivas.

Priorizar conforme Allan et al. (2010) é avaliar o risco representado por uma área ou atividade e envolve analisar os riscos da fonte potencial, receptores e vias de transporte, uma vez que existe o risco apenas quando esses três destes componentes estão presentes conforme apresenta a Figura 25.

Figura 25 - Componentes da avaliação de risco para priorização.



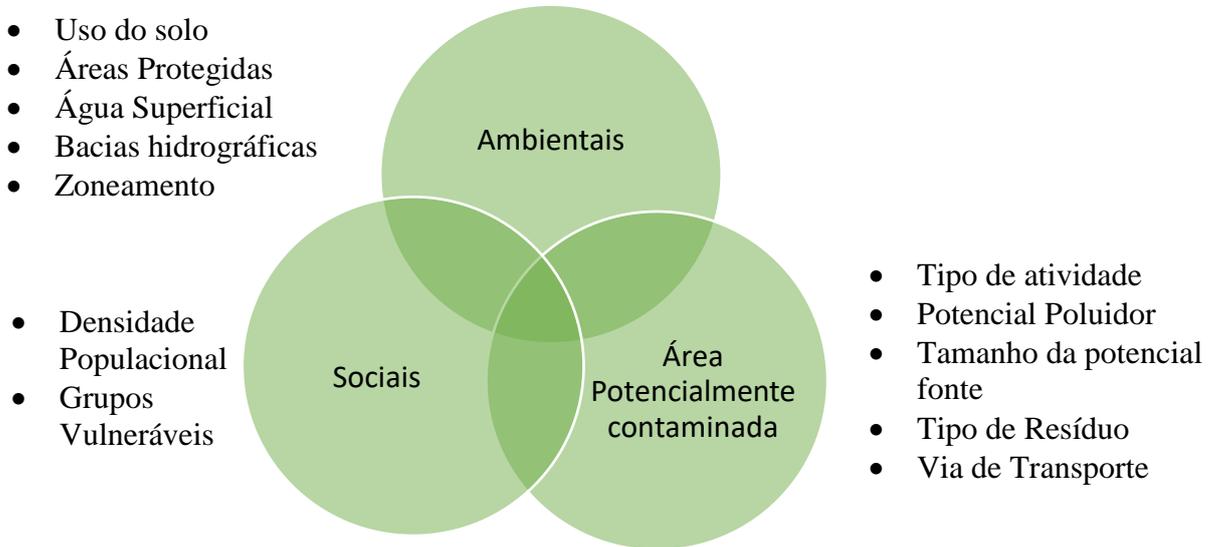
Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma pode-se dispor de uma área contaminada, porém se não houver vias de transporte de contaminantes não haverá riscos aos possíveis receptores.

Essa análise permitiu identificar e listar os parâmetros mais comuns utilizados nos métodos analisados, verificando que a essência dos critérios avaliados engloba os componentes sobre a fonte de contaminação, vias de transporte, e receptores, apresentando abordagens semelhantes para a estimativa da vulnerabilidade dos receptores e riscos das áreas onde são desenvolvidas atividades com potencialmente de causar contaminação.

A Figura 26 destaca os principais critérios analisados pelos métodos.

Figura 26 - Principais critérios analisados pelos métodos de priorização de APs.

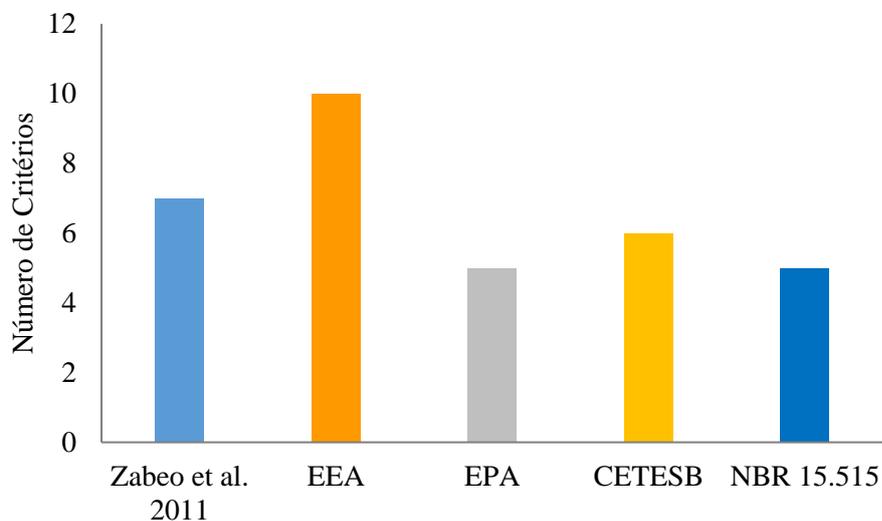


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os métodos apresentaram abordagem padrão na questão do levantamento de dados sobre o meio físico objetivando principalmente determinar as vias potenciais de transporte dos contaminantes e a localização e caracterização de bens a proteger (ambientais e sociais) que possam ser atingidos, coletando dados de população, áreas protegidas, uso do solo, além das características da fonte potencial de contaminação.

Em relação ao número de critérios avaliados pelos métodos o Gráfico 1 demonstra a quantificação dos mesmos.

Gráfico 1 - Quantificação dos Critérios avaliados pelos métodos de Priorização.

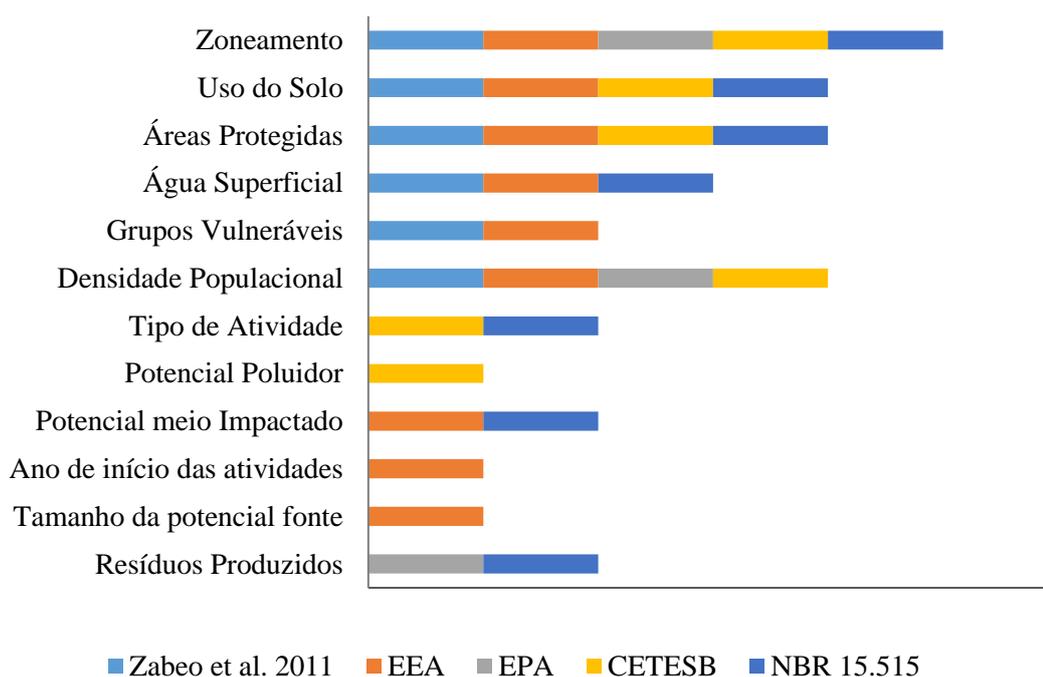


Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se no Gráfico 1 que o método utilizado pela EEA se caracteriza como a mais completa avaliando dez critérios, além disso percebe-se que o método EPA e NBR 15.515 consideram apenas cinco critérios.

Comparando os métodos, o Gráfico 2 demonstra os critérios analisados e quais métodos consideraram os mesmos para o processo de priorização.

Gráfico 2 - Critérios considerados pelos métodos de priorização.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Destaca-se que para a adequada avaliação no processo de priorização, cada critério se subdivide em classes, conforme descrito anteriormente no subitem 4.1 referente aos métodos identificados.

Considerando os métodos aplicados, o proposto por Zabeo et al. (2011), em relação aos critérios ambientais, é o mais abrangente, considerando as áreas protegidas caracterizadas pelas unidades de conservação e sua extensão e tipo de proteção se a nível municipal ou regional (estadual), essa informação visa ponderar as áreas protegidas a nível regional (estadual) com maior relevância visto que danos a essas áreas podem alcançar nível regional, tendo em vista que a criação de uma UC inclui uma série de restrições quando ao desenvolvimento de atividades nessas áreas, com o intuito de proteger o meio ambiente.

Destaca-se também como área protegida a inserção, aplicada ao contexto brasileiro, das APPs que são locais do território que desempenham função ambiental primordial na

conservação dos recursos naturais, pois conforme dispõe o Código Florestal, Lei Federal nº. 12.651 de maio de 2012, as APPs são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais (BRASIL, 2012).

Portanto as APPs constituem um instrumento importante para proteção e recuperação da qualidade hídrica, em especial no meio urbano por concentrar fontes de perturbação e alteração do uso da terra decorrentes das atividades antrópicas desenvolvidas as margens de nascentes e corpos d'água (BRESSANE et al., 2016). A maioria dos cursos d'água localizados no meio urbano sofre um processo histórico de degradação (MACEDO, 2011) inclusive devido a presença de atividades com potencial de contaminação, em vista disso as APs situadas em APPs receberam maior pontuação na etapa de ponderação conforme os métodos estudados.

Em relação aos aspectos sociais, os critérios englobam além da densidade populacional os grupos vulneráveis, considerados como crianças e adolescentes até 14 anos e adultos maiores de 65 anos.

A metodologia Zabeo et al. (2011) apresenta grande relevância considerando análise de vulnerabilidade, devido ao detalhamento utilizado, permitindo identificar potenciais receptores, porém não considera as características das atividades potenciais desenvolvidas nas APs e entre as 16 APs indicadas prioritárias somente a C. Vaccaro & Cia Ltda apresenta maior potencial de causar danos, por se caracterizar como atividade de fabricação de produtos químicos. Cabe ressaltar que os autores desenvolveram a metodologia e realizaram a validação da mesma, na região da Alta Silésia, na Polônia, para a hierarquização de 12 APs, e no âmbito desse estudo realizou-se a priorização de 770 APs, sendo que algumas se encontram em locais com as mesmas características do meio físico.

Portanto torna-se necessário levar em consideração características das atividades desenvolvidas nas APs, tendo vista que a maior parte as APs priorizadas apresentam a tipificação da atividade como outras atividades, caracterizada em geral por atividades com baixo potencial de causar contaminação, sendo que na relação das APs há atividades como produção de produtos químicos, armazenamento de combustível, entre outras, que apresentam maior potencial de causar contaminação e danos aos bens a proteger.

Nesse sentido a metodologia adotada pela EEA vem complementar o procedimento proposto por Zabeo et al. (2011), e consistiu em acrescentar informações sobre o tamanho da

potencial fonte, o ano de início das atividades e o potencial meio impactado caracterizado como: solo, águas subterrâneas, água superficial, ar, porém não foi possível a aplicação dos critérios sobre tamanho da potencial fonte e ano de início das atividades devido a indisponibilidade de informações. No entanto com a aplicação do critério sobre o potencial meio impactado a metodologia indicou apenas uma área prioritária com atividade de Fabricação de produtos químicos. Esse resultado destaca que quanto maior o detalhamento e a disponibilidade de dados, mais conciso será o resultado de priorização.

A metodologia adotada pela EPA destaca-se devido a simplicidade de aplicação dos critérios que são pré-estabelecidos com base em informações sobre os resíduos produzidos, potenciais meios impactados e bens a proteger desta forma a seleção de APs com essas características define a inclusão ou não da área na Lista Nacional de Prioridades, que tem por finalidade orientar a aplicação de recursos no gerenciamento de áreas prioritárias.

Verificou-se na aplicação dessa metodologia a dificuldade em identificar os resíduos produzidos pelas atividades de grande parte das APs tendo em vista a ausência de informação em relação aos processos produtivos.

A metodologia da CETESB apresentou maior simplicidade de priorização em virtude de ser realizada com base nas informações disponíveis da APs. Destaca-se como a única metodologia que considerou no processo de priorização o potencial poluidor, essa informação torna-se relevante no sentido de identificar as APs com atividades de alto, médio e baixo potencial poluidor, dessa forma verificou-se que das 770 APs mapeadas, 70 são de alto, 639 médio e 85 baixo potencial poluidor.

O Potencial Poluidor de uma atividade é classificado em baixo, médio ou alto em função das características intrínsecas da atividade e que é tipificada no estado do Rio Grande do Sul pela Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) n° 372/2018. Dessa forma a própria classificação do potencial poluidor da atividade realizada no momento de licenciamento ambiental otimiza o processo de priorização. Portanto torna-se pertinente considerar essa informação, pois a mesma já está disponível no cadastro da APs, realizado por Balestrin (2018).

Percebe-se que os demais métodos nacionais e internacionais estudados, não levam em consideração essa informação, mas que se caracterizam como um aspecto relevante, visto que uma atividade de alto potencial poluidor em local com alta densidade populacional pode apresentar maior prioridade a intervenção comparado a atividades de médio e baixo potencial poluidor situadas nesse local. Esses critérios permitem de forma simples identificar APs com legítima necessidade de intervenção a curto prazo.

Dessa forma, a metodologia permitiu de forma concisa realizar a priorização para as etapas de investigação detalhada e confirmatória embora apresente grande vantagem devido a forma simplificada de priorização, há necessidade de destacar que em grande parte da gestão dos municípios brasileiros há carência de profissionais com capacidade técnica para tomada de decisão a respeito do GAC, e por vezes a gestão pode estar sendo realizada com base em interesses políticos. Dessa maneira seria relevante estabelecer uma metodologia clara e definida limitando a margem para entendimentos parciais ou gestão com base em interesses políticos.

A NBR 15.515 mesmo não se referindo a um método de priorização, destacou-se pela possibilidade de aplicação considerando alguns critérios em específico. Como resultado de priorização a metodologia indicou a priorização 28 APs tipificadas como armazenamento de combustível. Esse resultado pode ser explicado tendo em vista a atenção que a metodologia direciona para os resíduos que podem atingir os bens a proteger, nesse caso BTEX e HPA. Além disso, vale destacar que estados como São Paulo que apresentam a relação de áreas com contaminação confirmada, do total das 6.285 áreas contaminadas 4.475 (71,2%) correspondem a postos de combustíveis, evidenciando o grande potencial de contaminação dessas atividades, requerendo, por conseguinte, atenção prioritária por parte dos gestores públicos. Desta forma, esse método pode dar maior atenção as referidas áreas considerando o grande número de APs com atividades com armazenamento de combustíveis levando em conta a proximidade com bens a proteger como população.

Outro ponto a considerar é o número de APs indicada como prioritárias que para o contexto desse trabalho foram 30, apresentando a limitação na indicação de apenas uma área prioritária. Isso ocorre devido várias APs apresentarem as mesmas características e por consequência receberem a mesma pontuação na etapa de ponderação.

Com relação a avaliação das águas superficiais no processo de priorização a abordagem dos métodos Zabeo et al. (2011); EEA e NBR 15.515 considera apenas o uso dos recursos hídricos nos locais em que as APs estão inseridas. No entanto destaca-se que seria adequado considerar o enquadramento dos corpos de água conforme as classes estabelecidas pela resolução do CONAMA nº 357 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento distribuindo as águas doces em: classe especial; classe 1; 2; 3; 4, conforme a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. Sendo a classe especial categorizada como a de melhor qualidade podendo ser destinada ao abastecimento para consumo humano com desinfecção e a classe 4 de menor qualidade destinada à navegação e harmonia paisagística. Dessa forma, tendo em vista as diretrizes dessa

resolução torna-se oportuno considerar tal critério para o processo de priorização uma vez que as APs localizadas próximo à corpos hídricos categorizados como classe especial teriam maior prioridade para intervenção tendo em vista o potencial dano ao meio e prejuízo da qualidade estabelecida.

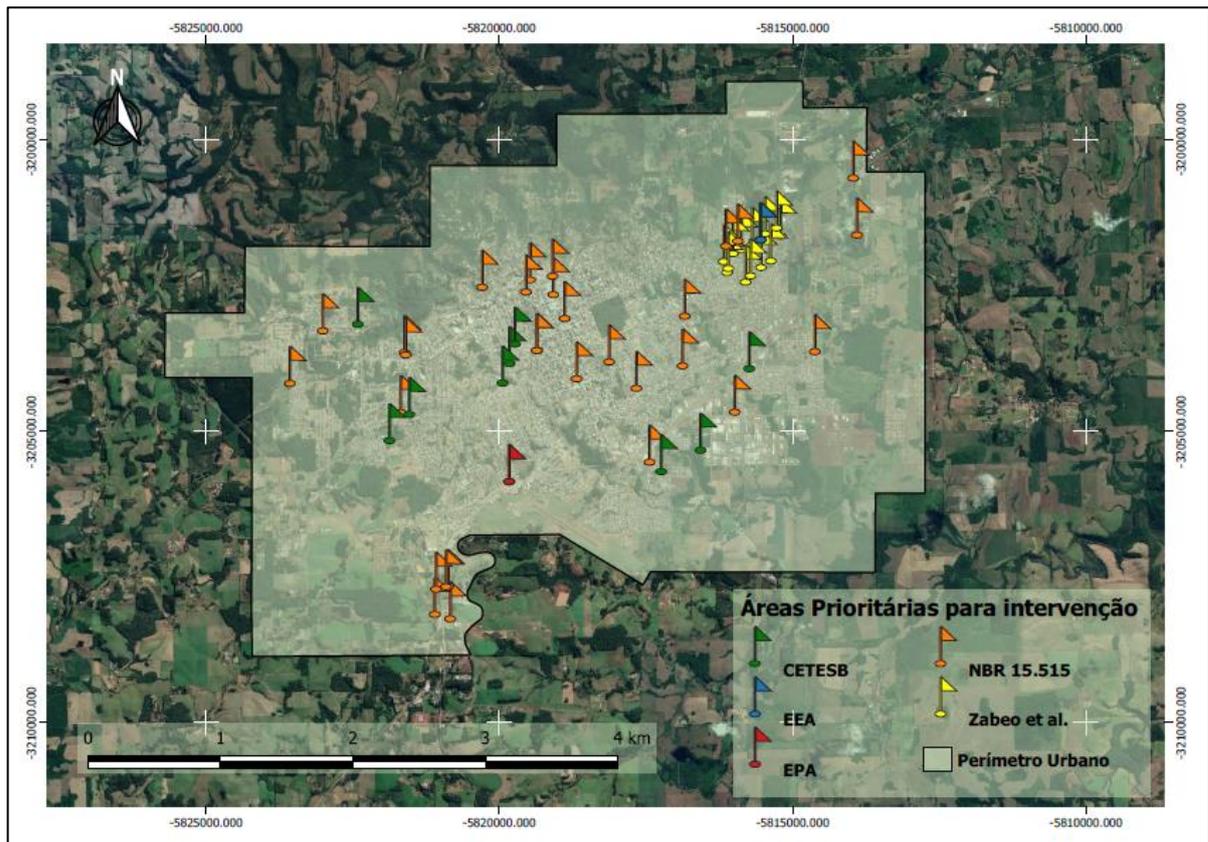
Embora os métodos analisados apresentem na maior parte critérios de priorização adequados a disponibilidade de informações, a deficiência comum para aplicação está na ausência de indicação da ferramenta de priorização para um grande número de APs. Dessa forma utilizou-se recursos do Microsoft Excel, considerando a possibilidade de automatização do processo.

Conforme Pizzol et al. (2011) os métodos adotados para o GAC necessitam ser flexíveis que possam facilmente ser adaptadas a diferentes contextos regionais, permitindo que o usuário introduza parâmetros relevantes regionais identificados com base na experiência do usuário e na disponibilidade de dados regionais com o uso de ferramentas acessíveis aos usuários.

Com relação ao resultado da aplicação dos métodos houve diferença significativa na indicação das APs para intervenção.

A Figura 27 apresenta a distribuição espacial das APs indicadas prioritárias de acordo com os diferentes métodos aplicados.

Figura 27 - Comparação da distribuição das áreas prioritárias para intervenção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

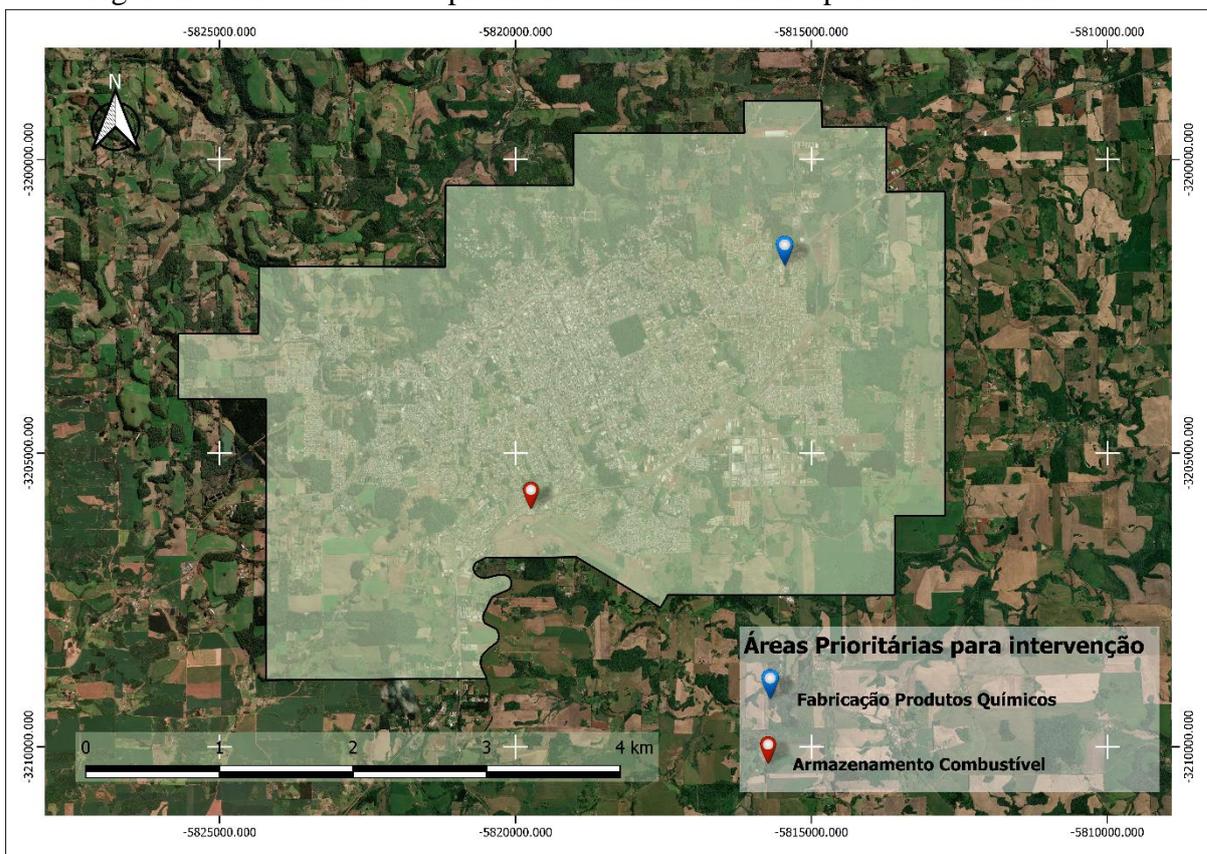
A diferença entre as APs priorizadas se deve a diferenças em critérios específicos e escala de ponderação, percebe-se que a inclusão de um critério diferenciado altera de forma significativa a indicação da(s) AP(s) prioritária(s).

Verifica-se que apenas os métodos adotados pela EEA e EPA indicaram uma área prioritária, as demais indicaram várias APs como prioritárias para intervenção. Isso ocorre em virtude do grande número de AP da área de estudo, tendo em vista que as áreas apresentam características semelhantes tanto com relação ao tipo de atividade desenvolvida, como no meio em que estão localizadas, dessa maneira para que se possa alcançar maior nível de precisão torna-se necessário a obtenção de dados mais específicos como: ano de início das atividades; tamanho da potencial fonte.

No tocante as APs indicadas prioritárias por mais de um método, apenas duas áreas foram indicadas simultaneamente como prioritárias a intervenção.

A Figura 28 apresenta as APs indicadas prioritárias simultaneamente por mais de um método aplicado.

Figura 28 - Áreas indicadas prioritárias simultaneamente por mais de um método.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 9 relaciona as APs indicadas como prioritárias por diferentes métodos.

Tabela 9 - Áreas indicadas prioritárias simultaneamente por mais de um método.

Métodos					Coordenadas	
ZABEO et al.	EEA	CETESB	EPA	NBR 15.515	Lat.	Long.
Fabricação de Produtos Químicos					-27,625225	-52,241101
Armazenamento de Combustível					-27,658238	-52,279618

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando os resultados de priorização para a etapa de investigação confirmatória, a fim de verificar a necessidade de realizar da etapa de investigação detalhada e, quando necessário, a avaliação de risco à saúde humana, indica-se a intervenção nas APs apresentadas na Tabela 9.

Destaca-se que após a intervenção nessas áreas será necessário remove-las da base de dados e realizar novamente o processo de segmentação de dados, para os métodos CETESB e

EPA, Já para os demais métodos pode-se seguir o ranking de pontuação estabelecido no âmbito desse trabalho que ficará disponível aos interessados, em formato planilha Excel. slx.

Por fim é indiscutível a importância dos órgãos públicos, do setor privado e da comunidade terem amplo conhecimento do risco ambiental que alguns empreendimentos e atividades representam. Em especial, as populações sob risco de envolvimento direto com emergências ambientais, pois e devem estar preparadas para tais situações e suas consequências. A identificação de áreas potencialmente contaminadas, bem como, sua priorização permite a atuação de forma proativa das instituições ambientais colocando-se estrategicamente à frente no que se refere à prevenção de acidentes envolvendo produtos perigosos, além de atuarem prontamente na contenção e mitigação de danos provocados por atividades potencialmente poluidoras.

5 CONCLUSÕES

Identificou-se cinco métodos aplicáveis para priorização de APs, sendo três internacionais e duas nacionais.

Três métodos consideram para a avaliação de priorização a ponderação de critérios sobre a fonte de contaminação; vias de transporte, e receptores. Dois métodos apenas estabelecem critérios para indicação de APs prioritárias a intervenção.

Considerando os cinco métodos, no total foram indicadas prioritárias 51 APs distintas e duas APs simultaneamente por mais de uma metodologia. A NBR – 15.515 indicou 30 APs prioritárias, sendo que 28 correspondem a atividades de armazenamento de combustível; a metodologia proposta por Zabeo et al. (2011) indicou 16 APs sendo o método mais abrangente em relação aos bens a proteger; o método utilizada pela EEA indicou uma área prioritária e vem complementar o procedimento proposto por Zabeo et al. (2011), e consistiu em acrescentar informações sobre o tamanho da potencial fonte, o ano de início das atividades e o potencial meio impactado; o método utilizado pela EPA indicou uma AP prioritária e destaca-se devido a simplicidade de aplicação dos critérios que são pré-estabelecidos com base em informações sobre os resíduos produzidos, potenciais meios impactados e bens a proteger; o método CETESB indicou cinco APs e também apresentou simplicidade de aplicação em virtude de ser realizada com base nas informações disponíveis da APs, destacando-se como a única metodologia que considerou no processo de priorização o potencial poluidor das atividades desenvolvidas nas APs.

Conforme resultados de priorização recomenda-se a realização de intervenção nas APs com atividade de Fabricação de Produtos Químicos e Armazenamento de Combustível, com as coordenadas (-27,625225; -52,241101 e -27,658238; -52,279618) respectivamente. Destaca-se que a recomendação de intervenção considerou as APs que foram indicadas prioritárias por mais de um método analisado, mas aos interessados não se torna necessário a aplicação de todos os métodos visto que o mesmo pode optar por um dos métodos de acordo com os resultados apresentados nesse estudo e o contexto de aplicação, gerando uma única lista de prioridade, sobre a qual poderá basear a ordem de prioridade para investigação confirmatória.

A planilha Excel desenvolvida contribuiu para a automatização do processo de priorização tendo em vista que a grande quantidade de dados a serem tratados, dificulta o gerenciamento dos resultados, dessa forma o uso de recursos do Microsoft Office Excel com ferramentas de ponderação e segmentação de dados permitiu construir o processo de priorização de forma dinâmica. Ressalta-se que a utilização desse software foi adotada no estudo tendo em

vista a possibilidade de automatização dos processos de priorização, haja vista que os métodos levantados não indicam as possíveis ferramentas a serem utilizadas para o processo de priorização envolvendo grande número de APs.

A priorização destaca-se como uma ferramenta de triagem para determinar as APs com prioridade de intervenção. Além disso, as informações coletadas e avaliadas durante o processo podem ser usadas para investigação detalhada em locais de alta prioridade, contribuindo no desenvolvimento de estratégias de gestão. Nesse sentido o conhecimento da localização geográfica de uma ocorrência torna-se fundamental para a correta compreensão de determinado fenômeno, o que torna inviável desvincular o processo de priorização com o uso de SIG, pois o mesmo permite realizar análises espaciais essenciais para o GAC.

Por fim tendo em vista que alguns critérios não foram possíveis de aplicação devido à indisponibilidade de dados, sugere-se que estudos futuros sejam realizados no sentido de desenvolver uma metodologia que apresente critérios adaptados aos dados disponíveis no contexto dos municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15515-1**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 1: Avaliação preliminar. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 15515-2**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 2: Investigação confirmatória. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 15515-2**: Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 2: Investigação detalhada. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

_____. **NBR 16209**: Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

AL-ADAMAT R.; FOSTER I. D. L.; BABAN S. M. J. Groundwater vulnerability and risk mapping for the basaltic aquifer of the azraq basin of Jordan using GIS, remote sensing and GIS. **Applied Geography**, v. 23, p. 303-24, 2003.

ALMASRI M. N. Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza coastal aquifer, Palestine. **Jornal Environmental Management**, v.88, p. 577-93, 2008.

ALVAREZ-GUERRA, M.; VIGURI, J. R.; VOULVOULIS, N. A multicriteria-based methodology for site prioritisation in sediment management. **Environmental International**, v. 35, p. 920-930, 2009.

MDIC. **Balança comercial Municipal 2017**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/balanca-comercial>. Acessado em 10 de novembro de 2018.

BALESTRIN, D. **Mapeamento de Áreas Potencialmente Contaminadas em município industrializado de médio porte**. 2018. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

BEAULIEU, M. The use of risk assessment and risk management in the revitalization of brownfields in North America: a controlled opening. In: **International Conference on Contaminated Soil**. **Contaminated Soil 98**, London: Thomas Telford, v. 1, p. 51-59, 1998.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, 22 dez. 1997.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, nº 053. p. 58-59, mar. 2005.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. **Diário Oficial da União**, nº 249. p. 81-84, dez. 2009.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, set. 1981.

_____. Lei n.º. 12.651, de 25 de maio de 2012, Código Florestal. **Diário Oficial da União**, 25 maio 2012.

CÂMARA NETO, G. Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral. In: Moacir de Souza e Silva. (Org.). **Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento**. 1a.ed.Lavras: Universidade Federal de Lavras - UFLA, 1998, v. único, p. 59-88.

CARLON C, PIZZOL L, CRITTO A, MARCOMINI A. **A spatial risk assessment methodology to support the remediation of contaminated land**. Environmental International, v. 34, p. 397-411, 2008.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. São Paulo. Projeto CETESB-GTZ: cooperação técnica Brasil–Alemanha. 2001.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental. **Relação de áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2013.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relação de áreas contaminadas no estado de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em 15 Set. 2018.

COLONESE, B. L. **Aplicação do Modelo SCBR no Gerenciamento de Áreas Contaminadas – Estudo de Caso**: Terminal de Petróleo de São Sebastião, 2010, 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

EEA, European Environment Agency. Towards an EEA Europe-wide assessment of areas under risk for soil contamination. Volume II: Review and analysis of existing methodologies for preliminary risk assessment. 2004.

EEA - European Environment Agency. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>. Acesso em: 10 Out. 2018.

EC, European Commission. Soil protection — the story behind the strategy. Luxembourg: **Office for Official Publications of the European Communities**, v. 8, p. 92-99, 2006.

ERECHIM, PREFEITURA MUNICIPAL. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/146/demografia>. Acesso em 10 Nov. 2018.

EPA - **ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY**, 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov>. Acesso em: 10 Out. 2018.

FEAM – **FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE**. Relação de áreas contaminadas do estado de Minas Gerias, 2017. Disponível em: <http://feam.br/declaracoes-ambientais/gestao-de-areas-contaminadas>. Acesso em 25 Out. 2018.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Diretriz Técnica para atividade de Remediação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos, resíduos da construção civil e resíduos dos serviços de saúde.** Rio Grande do Sul, 20 Jul. 2017.

HAYTER, R. **The Dynamics of Industrial Location: The Firm the Factory and the Production System.** Progress in Human Geography, v. 23, p. 144-145, 1999.

HOPE, B. K. Performing spatially and temporarily explicit ecological exposure assessments involving multiple stressors. **Human Ecological Risk Assessment**, v. 11, p. 539-565, 2005.

HUNSAKER, C. T.; GRAHAM, R. L.; SUTER, G. W.; O'NEILL, R. V.; BARNTHOUSE, L. W.; GARDNER, R. H. Assessing ecological risk on a regional scale. **Environmental Management**, v. 14, p. 325-332, 1990.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/erechim/panorama>. Acesso em 08 de novembro de 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/erechim/panorama>. Acesso em 08 de novembro de 2019.

LINKOV, I.; BURMISTROV, D, CURA, J.; BRIDGES, T. S. Risk-based management of contaminated sediments: consideration of spatial and temporal patterns in exposure modeling. **Environmental Science & Technology**, v. 36, p. 238-246, 2002.

MACEDO, S. S. Os sistemas de espaços livres e a constituição da esfera pública contemporânea no Brasil: **Relatório**. São Paulo: FAPESP, 2011.

MALCZEWSKI J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, v. 62, p. 3-25, 2004.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p. 703-726, 2006.

MALTA, F. S.; COSTA, E. M.; MAGRINI, A. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, p. 3933-3944, 2017.

MARCOMINI A, SUTER II GW, CRITTO A. Decision support systems for risk based management of contaminated sites. New York: **Springer Verlag**; 2009.

METZGER M.; SCHRÖTER D. Towards a spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change. **Europe Regional Environmental Change**, v. 6, p. 201-216.

MORAES, S. L.; TEIXEIRA, C. E. (Org.); MAXIMIANO, A. M. S. (Org.). Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas. 1. ed. São Paulo: IPT - **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, v. 1, p. 394, 2013.

NATHANAIL, C.P., BARDOS, R.P., GILLET, A., MCCAFFREY, C., OGDEN, R., SCOTT, D., NATHANAIL, J. 2013. International Processes for Identification and Remediation of Contaminated Land. **Land Quality Management Ltda**, Nottingham, UK.

LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; MARINHO, C. C.; SATLER, M. A. Delimitação automática das áreas de preservação permanentes da bacia hidrográfica do ribeirão Estrela do Norte, ES. In: **Anais do IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação - EPG**. Ciência e Tecnologia: o paradigma do século XXI; 2009; São José dos Campos, SP. UNIVAP; 2009.

PIZZOL, L.; CRITTO, A.; AGOSTINI, P.; MARCOMINI, A. Regional risk assessment for contaminated sites Part 2: ranking of potentially contaminated sites. **Environmental International**, v. 37, p. 1307-1320, 2011.

RAMPANELLI, G. B. **Identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas em Ambientes urbanos**. 2017. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA nº 10, de 08 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 8 fev. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 25 ago. 2004.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 5 jun. 2013.

SHARIFI M. A.; TOORN, W. V. D.; RICO, A. E. M. Application of GIS and multicriteria evaluation in locating sustainable boundary between the tunari National Park and Cochabamba City (Bolivia). **Journal Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 11, p. 151-164, 2002.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento no apoio à Decisão. **Revista Continentes**, v. 9, p. 1, 2016.

TIM .U.S.; JAIN, D.; LIAO, H. Interactive modeling of ground water vulnerability within a geographic information system environment. **Ground Water**, v. 34, p.618-627, 1996.

TIXIER, J. Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project. **Journal of Hazardous Materials**, v. 130, p. 251-264, 2005.

VAN-CAMP, L. BUJARRABAL, B. GENTILE, A. R. JONES, R. J. A. MONTANARELLA, L. OLAZABAL, C. Reports of the technical working groups established under the thematic strategy for soil protection. Luxembourg: **Office for Official Publications of the European Communities**, v.4, p.872, 2004.

ZABEO, A.; PIZZOL L, AGOSTINI P, CRITTO A, GIOVE S, MARCOMINI A. Regional risk assessment for contaminated sites part 1: vulnerability assessment by multicriteria decision analysis. **Environmental International**, v. 37, p. 1295-1305, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Recomendações de procedimentos para priorização de APs

Esse apêndice visa orientar os gestores públicos e demais interessados na obtenção de dados e processamento dos mesmos para a realização da priorização. Para tanto divide-se o processo em duas etapas que são vinculadas entre si.

Etapa 1 – Identificação das APs por meio do método CETESB indicada por Rampanelli (2017) contendo as seguintes informações:

- I. Empreendedor
- II. Tipo de atividade
- III. Potencial Poluidor
- IV. Tipo de resíduo
- V. Potencial meio impactado
- VI. Coordenadas Geográficas

Ressalta-se que essas informações são indispensáveis para o procedimento de priorização.

Etapa 2 – Levantamento de dados do meio Físico e social contendo as seguintes informações:

- I. Imagem de Satélite
- II. Zoneamento de Uso do solo
- III. Distribuição da densidade populacional da área de estudo
- IV. Hidrografia
- V. Áreas Protegidas

Base de dados para consulta

É indicado para o Levantamento de dados a Consulta a Órgãos oficiais da administração pública como:

- a) Prefeitura Municipal
- b) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- c) Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais

d) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Tratamento e processamento dos dados

Para tratamento dos dados é necessário a utilização de plataforma em Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do Software ArcGIS ou QGIS.

O procedimento de priorização com ponderação e segmentação de dados pode ser realizado utilizando-se Planilha de edição e manipulação de dados Microsoft Excel desenvolvida nesse estudo.



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br