

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE  
IFFLUMINENSE *CAMPUS* CAMPOS CENTRO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À ENGENHARIA E GESTÃO

MARIA ALICE MANHÃES DOS SANTOS

**MAPAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADES DE  
CONSERVAÇÃO ESTADUAIS DO NORTE FLUMINENSE**

Campos dos Goytacazes/RJ

Dezembro de 2021

MARIA ALICE MANHÃES DOS SANTOS

**MAPAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADES DE  
CONSERVAÇÃO ESTADUAIS DO NORTE FLUMINENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos Centro como requisito parcial para a conclusão do Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (SAEG).

Orientador: Prof. Dsc. Milton Erthal Júnior

Campos dos Goytacazes/RJ

Dezembro de 2021

Biblioteca Anton Dakitsch  
CIP - Catalogação na Publicação

S237m Santos, Maria Alice Manhães dos  
Mapas de Fragilidade Ambiental em Unidades de Conservação Estaduais do Norte Fluminense / Maria Alice Manhães dos Santos - 2021.  
54 f.: il. color.

Orientador: Milton Erthal Júnior

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.  
Referências: f. 51 a 54.

1. Fragilidade Ambiental. 2. Unidade de Conservação. 3. Sistemas de Informações Geográficas. 4. Análise de Decisão Multicritério. I. Júnior, Milton Erthal, orient. II. Título.

MARIA ALICE MANHÃES DOS SANTOS


**MAPAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADES DE  
CONSERVAÇÃO ESTADUAIS DO NORTE FLUMINENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos Centro como requisito parcial para a conclusão do Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (SAEG).

Orientador: Prof. Dsc. Milton Erthal Júnior

Aprovada em 16 de dezembro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**



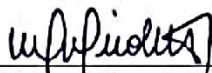
---

Prof. Dr. Milton Erthal Júnior (orientador)  
Doutor em Produção Vegetal (UENF)  
Instituto Federal Fluminense (IFF)



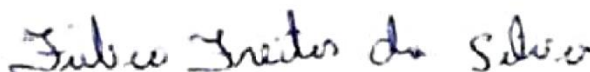
---

Prof. Dr. Renato Gomes Sobral Barcellos (membro)  
Doutor em Geoquímica (UFF)  
Instituto Federal Fluminense (IFF)



---

Prof. Dra. Micaela Nicolite (membro)  
Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais (UENF)  
Instituto Estadual do Ambiente (INEA)



---

Prof. Dr. Fábio Freitas da Silva (membro)  
Doutor em Planejamento Regional e Gestão da Cidade (UCAM)  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Campos dos Goytacazes/RJ  
Dezembro de 2021

*Dedico este trabalho à minha mãe Regina,  
que tanto se doou e sempre me apoiou em  
todas minhas escolhas. Tudo o que  
conquistei foi possível graças ao amor,  
incentivo e dedicação que sempre teve e  
tem por mim.*

## AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meu agradecimento a todos aqueles que, de alguma maneira, permitiram que essa dissertação se concretizasse.

Agradeço a Deus e a espiritualidade por me guiar, amparar neste plano e iluminar meu caminho.

A meus pais, Paulo (*in memoriam*) e Regina, por serem meus maiores exemplos de força, ética e determinação.

A meu irmão Pablo, minha cunhada Monique e a pequena Maria Paula, por toda amizade, carinho e companheirismo. Por sempre estar torcendo e vibrando com minhas conquistas.

A Bartolomeu, por estar ao meu lado em cada segundo da escrita deste trabalho.

Aos meus amigos, pela paciência, compreensão e motivação neste período.

Minha eterna gratidão ao professor Milton Erthal, pela paciência, motivação, por acreditar no meu potencial e pelas palavras de sabedoria.

Ao professor Henrique, pelo conhecimento compartilhado e motivação durante o mestrado.

Aos gestores e guarda-parques da EEEG e PELAG, pela boa vontade e tempo que se dispuseram para somar informações para o presente trabalho.

Por fim, agradeço a todos aqueles que estiveram comigo nesta caminhada e me brindaram com seus apoios em diferentes momentos e pela presença afetiva inesquecível. O meu reconhecido e carinhoso muito obrigada!

## **RESUMO**

O meio ambiente e seus recursos são vitais para a manutenção da biodiversidade e para a vida humana. Estudos relacionados a avaliação da fragilidade ambiental de determinado território são importantes instrumentos para auxiliar gestores nas tomadas de decisões e propiciar melhoria na gestão de uma área, seja ela protegida ou não. As áreas do presente estudo é o Parque Estadual da Lagoa do Açú (PELAG) e a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG), unidades de conservação de proteção integral situadas no Norte Fluminense. A presente pesquisa busca mapear a fragilidade ambiental das UCs, através do SIG, de acordo com as ameaças levantadas e promover sua hierarquização. As principais ameaças constatadas na EEEG são: ocorrência da espécie exótica Capim Colômbio, plantio de cana-de-açúcar e queimada. A fragilidade desta UC variou na maior parte da área entre muito baixa e baixa, sendo que nos seus limites, onde ocorre atividade agropecuária, foi apresentada fragilidade média, e nas áreas onde ocorreram incêndios e presença da espécie exótica fragilidade alta. Em relação ao PELAG, seus maiores conflitos estão relacionados a presença da Casuarina e ocupação irregular. A fragilidade ambiental da maior parte da área do PELAG variou entre baixa e moderada, e as áreas cobertas por vegetação nativa foi classificada como muito baixa, já as áreas cobertas por casuarinas e edificações apresentaram fragilidade muito alta. O AHP em conjunto com SIG se mostrou eficaz, com essas ferramentas é possível estabelecer áreas prioritárias que podem auxiliar na gestão das UCs.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental, Unidade de conservação, Sistemas de Informações Geográficas, Análise de decisão multicritério

## ABSTRACT

The environment and its resources are vital for maintaining biodiversity and human life. Studies related to the assessment of the environmental fragility of a given territory are important tools to assist managers in decision-making and provide improvement in the management of an area, whether protected or not. The areas of this study are PELAG and EEEG, strict protection conservation units located in Norte Fluminense. This research seeks to map the environmental fragility of the UCs, through the GIS, according to the variables raised and promote their hierarchy. The main threats found in the EEEG are: occurrence of the exotic species Capim Colonião, sugarcane planting and burning. The fragility of this UC varied in most of the area between very low and low, and in its limits, where there is agricultural activity, it was presented medium fragility, and in areas where fires occurred and the presence of exotic species had high fragility. In relation to PELAG, its biggest conflicts are related to the presence of the Casuarina and irregular occupation. The environmental fragility of most of the PELAG area varied between low and moderate, and the areas covered by native vegetation were classified as very low, whereas the areas covered by casuarinas and buildings presented very high fragility. The AHP together with GIS proved to be effective, with these tools it is possible to establish priority areas that can help in the management of the UCs.

**Keywords:** Environmental Fragility, Conservation Unit, Geographic Information Systems, Multicriteria Decision Analysis



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de abrangência da cobertura vegetal da Mata Atlântica, conforme Lei Federal nº 11.428/06.	<b>15</b>
<b>Figura 2.</b> Processo de escolha de alternativa mais adequada para tomada de decisão.	<b>20</b>
<b>Figura 3.</b> Mapa de Localização da EEEG.	<b>22</b>
<b>Figura 4.</b> Mapa de Localização do PELAG.	<b>23</b>
<b>Figura 5.</b> Mapa de curvas de nível da EEEG e PELAG, demonstrando que a variação de cotas é mínima, ou seja, que se trata de área plana.	<b>24</b>
<b>Figura 6.</b> Escala de fragilidade ambiental, a qual demonstra que a proximidade do número 5 corresponde a maior fragilidade ambiental.	<b>25</b>
<b>Figura 7.</b> Vias de acesso da EEEG, com destaque em amarelo para as vias desativadas e em vermelho para as principais vias ativas.	<b>27</b>
<b>Figura 8.</b> Estrutura hierárquica estabelecida para o PELAG.	<b>30</b>
<b>Figura 9.</b> Estrutura hierárquica estabelecida para o PELAG.	<b>30</b>
<b>Figura 10.</b> (A) Mapa vetorizado, indicando os tipos de uso e cobertura da terra da EEEG. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de uso e ocupação do solo da EEEG.	<b>32</b>
<b>Figura 11.</b> – (A) Mapa vetorizado, indicando as áreas afetadas pelas vias. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de distância de vias da EEEG.	<b>34</b>
<b>Figura 12.</b> (A) Mapa vetorizado, indicando as áreas com histórico de queimada. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de queimadas da EEEG.	<b>36</b>
<b>Figura 13.</b> Mapa de fragilidade ambiental da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, com base nos critérios adotados.	<b>38</b>
<b>Figura 14.</b> (A) Mapa de fragilidade ambiental da EEEG com destaque em vermelho para a área coberta por espécie exótica, indicando fragilidade ambiental muito alta. (B) Mapa de fragilidade ambiental da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, com visualização da área das vias que apresentaram fragilidade ambiental moderada.	<b>39</b>
<b>Figura 15.</b> (A) Mapa vetorizado, indicando os tipos de uso e cobertura da terra do PELAG. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de uso e ocupação do solo.	<b>40</b>
<b>Figura 16.</b> (A) Mapa vetorizado, indicando os tipos de solo PELAG. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de tipos de solo.	<b>43</b> <b>45</b>
<b>Figura 17.</b> (A) Mapa vetorizado, indicando as distâncias de vias. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de distância de vias.	<b>47</b>
<b>Figura 18.</b> Mapa de fragilidade ambiental do PELAG.	<b>48</b>
<b>Figura 19.</b> Destaque do mapa de fragilidade ambiental para as áreas coberta por exóticas e dispostas por vias.	<b>49</b>

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Escala fundamental de Saaty	<b>20</b>
<b>Tabela 2.</b> Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de uso e cobertura da terra da EEEG.	<b>26</b>
<b>Tabela 3.</b> Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de tipos de solo do PELAG.	<b>26</b>
<b>Tabela 4.</b> – Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de distância de vias da EEEG e PELAG.	<b>28</b>
<b>Tabela 5.</b> Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de queimadas da EEEG	<b>28</b>
<b>Tabela 6.</b> Características dos solos utilizadas para atribuição dos valores de fragilidade, baseado nas descrições de Santos (2018) e Cavedon e Shinzato (1997).	<b>29</b>
<b>Tabela 7.</b> Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de tipos de solo do PELAG.	<b>29</b>
<b>Tabela 8.</b> Importância dos critérios à luz do foco principal. UCT – Uso e Cobertura da Terra; Q – Queimada; DV – Distância de Vias.	<b>37</b>
<b>Tabela 9</b> Peso calculado dos critérios (autovetor).	<b>37</b>
<b>Tabela 10</b> Importância dos critérios à luz do foco principal. TS – Tipo de Solo; UCT – Uso e Cobertura da Terra; DV – Distância de Vias.	<b>46</b>
<b>Tabela 11</b> Peso calculado dos critérios (autovetor).	<b>46</b>

## LISTA DE SIGLAS

AHP – *Analytical Hierarchy Process*

EEEG – Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ONU – Organização das Nações Unidas

PELAG – Parque Estadual da Lagoa do Açú

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNUC – Sistema Nacional das Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Justificativa</b>	<b>14</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Bioma Mata Atlântica</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Unidades de Conservação</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Fragilidade Ambiental</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Análise de Decisão Multicritérios (MCDA)</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1 Processo de tomada de decisão</b>	<b>19</b>
<b>2.5.2 Método de Análise Hierárquica - AHP</b>	<b>19</b>
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Estudo de Caso</b>	<b>22</b>
<b>3.1.1 Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba - EEEG</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2 Parque Estadual da Lagoa do Açu - PELAG</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Mapas das Fragilidades Ambientais</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1 Critérios</b>	<b>25</b>
<b>3.2.1.1 Uso e Cobertura da terra</b>	<b>25</b>
<b>3.2.2.2 Acesso pelas vias</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2.3 Queimadas</b>	<b>28</b>
<b>3.2.2.4 Tipo de Solo</b>	<b>29</b>
<b>3.3 Estrutura Hierárquica</b>	<b>30</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>31</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>49</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com as questões ambientais vem se intensificando a partir da década de 1970 em decorrência do crescimento industrial, econômico e populacional que acarretaram o aumento da poluição atmosférica, dos rios e desmatamento das florestas.

O equilíbrio do ecossistema é importante não só para garantir a manutenção da biodiversidade, com a consideração do valor intrínseco do meio, mas também em função dos chamados serviços ecossistêmicos, que podem ser definidos como os benefícios diretos e indiretos do homem obtidos através dos ecossistemas (DE GROOT et al, 2002). Esses serviços ecossistêmicos são vitais ao homem, tais como a provisão de alimentos, distribuição de água, fluxos de energia, regulação climática (COSTANZA et al., 1998; DE GROOT et al., 2002).

Diante desta abordagem, verificou-se a grande importância em conservar o meio ambiente, visto que ao longo dos anos as atividades antrópicas continuam gerando danos intensos, acelerando processos de degradação ambiental e exaurindo recursos naturais importantes para a manutenção da vida. Além de resguardar a biodiversidade, o meio ambiente equilibrado abriga comunidades ribeirinhas, indígenas e quilombolas que são características do Brasil (COLOMBO E JOLY, 2010).

Em função dos fatos elencados, surgiu a necessidade de estabelecer a criação de áreas preservadas, com isso o marco ambiental na legislação brasileira no que se refere à conservação da biodiversidade se deu em 1988 com o Art. 225 da Constituição Federal que motivou a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (UCs), através da Lei 9.985/00, a qual possui como principal objetivo a preservação e uso sustentável da biodiversidade. Além disso, em 2012 foi realizada a revogação do antigo código florestal, e criação da Lei 12.651/12, onde são definidos diversos tipos de áreas que devem ser preservadas e restauradas com vegetação. Outra legislação importante no Brasil acerca de meio ambiente é a Lei da Mata Atlântica, que prevê um conjunto de normas específicas para este bioma (BRASIL, 2012; BRASIL, 2000).

O Bioma da Mata Atlântica ocupa dezessete estados brasileiros, abrange cerca de 15% do território nacional, sendo o lar de 72% dos brasileiros e é alvo de uma intensa pressão antrópica, restando apenas 12,5% da floresta que existia originalmente. Ainda assim considera-se a Mata Atlântica a terceira maior floresta brasileira (VARJABEDIAN, 2010; SOS MA - INPE, 2020). Este bioma abriga diversas espécies endêmicas e muitas delas ameaçadas de extinção (MMA, 2000).

A avaliação da fragilidade ambiental surge a partir da necessidade urgente do planejamento físico territorial em áreas prioritárias à preservação ambiental, em decorrência dos impactos ao meio ambiente. Em função dessa necessidade, as pesquisas voltadas para soluções ambientais ganharam destaque, porém para avaliar questões relacionadas ao meio ambiente é necessário um estudo integrado dos diversos componentes relacionados à vida, tais como: solo, geologia, recursos hídricos, vegetação, clima, considerando ainda as intervenções antrópicas de determinado local (ROSS, 1994; CREPANI et al, 2001).

Nesse sentido, Ross (1994) propôs uma metodologia para elaboração de mapa de fragilidade ambiental, o qual considera potencialidades ambientais, questões intrínsecas do ambiente e fatores antrópicos atrelados a determinada área. Dessa forma, o mapa de fragilidade ambiental irá estabelecer áreas em níveis hierárquicos distintos que irão definir o grau de fragilidade de cada local (Gao e Zhang 2018; Traficante et al. 2017).

Como forma de suporte aos estudos ambientais, técnicas de modelagem cartográfica vem se mostrando positivas em pesquisas (CHOUDHARY et al, 2018; DIAS & SILVA, 2014). A tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são importantes aliados em modelagens espaciais, pois permitem integração de um amplo número de variáveis, possibilitando novas interações, geração de mapas intermediários e mapas finais.

Tendo em vista que com o SIG é possível trabalhar com inúmeros componentes, surge a necessidade de impedir que haja inconsistência nos resultados, tendo em vista que ao trabalhar com um número maior de dados existe possibilidade de haver incoerência em alguns resultados. Para isto, é importante aplicar uma metodologia de multicritério, a qual consiste em ferramentas de auxílio a tomada de decisão, que irá reduzir a subjetividade das interpretações, permitindo que haja mais confiança nos resultados. O método *Analytical Hierarchy Process* (AHP), introduzido por Saaty (1997) possibilita que o gestor se baseie em critérios qualitativos e quantitativos e atribua valores entre as alternativas possíveis.

Dessa forma, o presente trabalho propõe a avaliação da fragilidade ambiental do Parque Estadual da Lagoa do Açú e Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, a partir da análise de diferentes mapas temáticos, os quais serão sobrepostos pela modelagem AHP a fim de estabelecer áreas mais frágeis nas referidas unidades de conservação e, posteriormente, compará-las.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é mapear a fragilidade ambiental de duas unidades de conservação existente no Norte do estado do Rio de Janeiro: o Parque Estadual da Lagoa do Açu (PELAG) e a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG). Os mapas de fragilidade ambiental foram gerados através das metodologias Sistema de Informação Geográfica e de análise de multicritério.

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. Realizar um diagnóstico das principais ameaças que atingem as UCs em estudo;
2. Definir critérios e subcritérios objetivos com base na opinião de especialistas e na literatura;
3. Com base nos critérios elencados, elaborar mapas georreferenciados da UC para cada critério;
4. Combinar os mapas georreferenciados com auxílio de técnicas de multicritério;

## 1.2 Justificativa

A exploração da Mata Atlântica se intensificou ao longo dos anos com o crescimento urbano e industrial, bem como com exploração de madeiras sem autorização, compensação ou planejamento. Tudo isto desencadeou o espaçamento nos fragmentos florestais, bem como na redução de áreas cobertas por vegetação nativa (DEAN, 1996).

Diante dos impactos oriundos de ações antrópicas e de questões naturais de determinado ambiente, são criadas Unidades de Conservação, cujo principal objetivo é preservar determinada área fragilizada, visando a minimização dos impactos. Entretanto, é importante ressaltar que a gestão de uma Unidade de Conservação não é um aspecto simples, visto que existem vários fatores que impossibilitam uma estrutura e planejamento adequados.

Nesse sentido, é importante avaliar o panorama da realidade da EEEG e do PELAG através de elementos que influenciam nessas UCs. As geotecnologias são uma forma eficiente de avaliar áreas de fragilidade ambiental, pois geram informações rápidas e de baixo custo. Dessa forma, considerando os aspectos supramencionados, os mapas de fragilidade ambiental poderão auxiliar gestão territorial das UCs em questão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica, ao lado de outras 33 regiões do planeta, é considerada um *hotspots* da biodiversidade mundial, ou seja, trata-se de uma área prioritária para conservação da biodiversidade, sendo urgente o planejamento com políticas públicas para garantir tal objetivo. Este bioma encontra-se distribuído em dezessete estados do Brasil e possui grande variação no relevo, clima, regimes pluviométricos e em sua fitofisionomia (Figura 1).

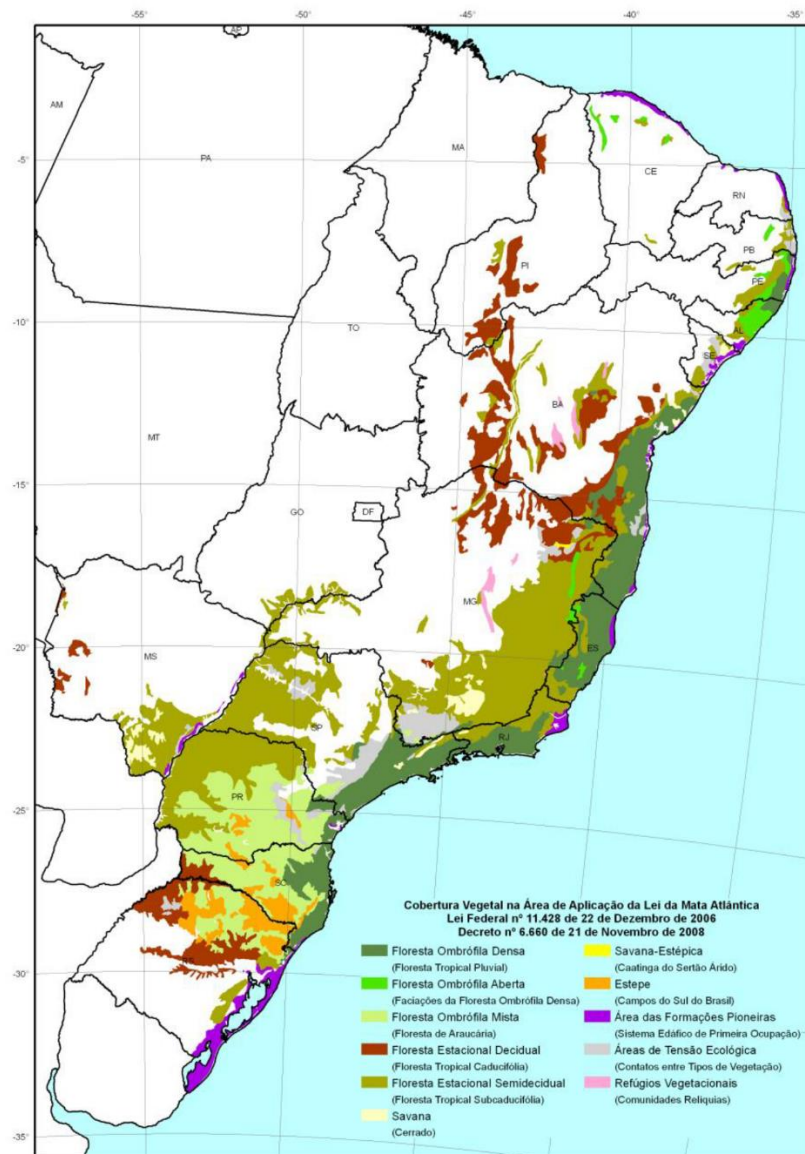


Figura 1 – Área de abrangência da cobertura vegetal da Mata Atlântica, conforme Lei Federal nº 11.428/06. Fonte: SOS MA – INPE, 2018-2019.



Diante de tamanha diversidade e heterogeneidade, este bioma é alvo de diversos crimes ambientais, como, principalmente, extração de lenha nativa e tráfico ilegal de animais. A floresta já perdeu cerca de 87,5% de sua cobertura vegetal original, sendo então reduzida de uma gigante floresta interligada para pequenos fragmentos florestais, separados entre si (SOS MA – INPE, 2008-2010).

Dean (1996) identificou que as principais causas para a devastação da Mata Atlântica foram em função da intensa exploração dos recursos florestais, como madeira, lenha e caça, como também em virtude da expansão de terras para fins de criação de áreas para agricultura, criação de gados e atividade de silvicultura. Ademais, o governo brasileiro ofertou incentivos que intensificou a produção agrícola e conseqüente perda de vegetação para produção de açúcar, café e soja (GALINDO LEAL; CÂMARA, 2003).

Diante deste cenário de devastação, surgiu a necessidade de implementar leis para disciplinar o uso dos recursos naturais. A Lei da Mata Atlântica, por exemplo, instituída através da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma da Mata Atlântica, onde é previsto manutenção e recuperação da biodiversidade, critérios para supressão de vegetação mediante autorização, ou seja, são estabelecidos os princípios da função socioambiental em prol do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2006).

Em consonância com a Lei da Mata Atlântica, foi estabelecido através da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, o Novo Código Florestal, que revogou a Lei 4.771, de 5 de setembro de 1965. Esta Lei estabelece diversos critérios para preservação da vegetação nativa em todo território brasileiro, dando destaque ao fato de que todo imóvel rural em áreas situadas no Bioma da Mata Atlântica deverá manter 20% de cobertura vegetal nativa, a título de Reserva Legal, e ainda preservar todas áreas obrigadas nesta mesma lei, tais como margem de rios, lagoas, áreas com declividade acentuadas, dentre outras conforme o Artigo 4º desta Lei (BRASIL, 2012).

## **2.2 Unidades de Conservação**

A legislação ambiental brasileira passou por um marco no ano de 2000, quando foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), através da Lei 9.985/00. Esta Lei surge para regulamentar os incisos I, II, III e VII do Artigo 225 da Constituição Federal

de 1988, estabelecendo critérios e normas para criação, implementação e gestão das Unidades de Conservação (UCs).

As unidades de conservação podem ser divididas em dois grupos: As de proteção integral, a qual permite apenas o uso indireto dos seus atributos naturais; as de uso sustentável, onde é permitida a exploração dos recursos naturais de maneira controlada, garantindo a manutenção da biodiversidade (BRASIL, 2000). Esses grupos são subdivididos em categorias que possuem normas e características específicas, previstas no SNUC.

As UCs enfrentam diversos desafios, muitos relacionados aos conflitos de domínios territoriais (HAESBAERT, R, 2007), dessa forma é necessário que o espaço territorial de uma Unidade de Conservação esteja bem delimitado, bem como sua zona de amortecimento, a fim de evitar uma maior degradação nesta área protegida.

Frente aos problemas territoriais, as UCs enfrentam questões relacionadas à gestão, visto que estes locais possuem grande restrições de uso, e os atores sociais que se relacionam com este território nem sempre respeitam as normativas e legislações existentes, gerando um expressivo conflito socioambiental.

### **2.3 Fragilidade Ambiental**

A necessidade da avaliação da fragilidade ambiental surgiu com a necessidade urgente do planejamento físico territorial a partir de questões econômico-sociais e ambientais. Quando o assunto fragilidade ambiental é abordado, um dos caminhos mais utilizados é o conceito de Unidades Ecodinâmicas, estabelecido por Tricart (1977), onde o meio é avaliado através da Teoria de Sistemas, que parte do pressuposto que “Na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico.” (Tricart, 1997). Nesse sentido, para Tricart quanto maior a instabilidade de determinado ambiente, mais este ambiente está sujeito a impactos ambientais.

Aliado a este conceito, Ross (1994) e Amaral e Ross (2009) abordou sobre a dinâmica atual integrando a relação sociedade e meio ambiente, onde as intervenções antrópicas em ambientes naturais, em função do desenvolvimento econômico e tecnológico, tornaram-se mais predatórias. Dessa forma, o ambiente por si só estaria em equilíbrio dinâmico até ocorrer intervenções antrópicas.

## 2.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

A aplicação de SIGs nas ciências ambientais vem sendo cada vez mais utilizada, visto que permitem a combinação das ciências computacionais e processamentos dos mais variados tipos de dados. Inicialmente é importante abordar acerca dos conceitos de cartográficas, visto que são básicos para que o universo dos SIGs seja compreendido.

Para o ambiente SIG é importante avaliar questões relacionadas ao *datum* e buscar informações sobre a base de dados que está sendo utilizada. Câmara *et al* (1996) afirma que Sistemas de Informações Geográficas pode ser definido a partir da análise manipulação de dados geográficos complexos e de uma base integrada de dados e atributos através de ferramentas espaciais e computacionais.

Diante da agilidade no processamento de dados e sobreposição de cartas através do SIG, a utilização de geotecnologias tornou-se uma ferramenta importante nas pesquisas voltadas para as ciências sociais, tanto no âmbito de pesquisa quanto em órgãos públicos e em empresas privadas. Facchineli *et al* (2001) utilizou abordagem estatística e Sistemas de Informações Geográficas para realizar uma pesquisa acerca de contaminação do solo com metais pesados como Cromo, Cobre, Níquel, Chumbo, Zinco e Cobalto em uma região da Itália.

Outras pesquisas importantes ocorreram, como questões relacionadas a estabilidade de solos e sua susceptibilidade a deslizamento e erosão (AKGUN; KINCAL; PRADHAN, 2012; DEMIR *et al.*, 2013; VAN WESTEN; CASTELLANOS; KURIAKOSE, 2008). Além disso um setor das ciências ambientais que adota com frequência o uso de SIG é o relacionado a bacias hidrográficas, um importante exemplo é a pesquisa de Coelho *et al* (2012) onde foi adotada a geotecnologia associada a metodologia de multicritério no apoio à gestão de bacias hidrográficas.

Diversos são os *softwares* relacionado aos SIGs disponíveis, como o “Opticks”, “GRASS GIS”, “Spring”, dentre outros, porém entre as alternativas disponíveis que são de livre acesso, destaca-se o QGis. O QGis oferece um número expressivo de recursos e “*plugins*”, os quais podem ser desenvolvidos através de programações em C++ ou *Python*. Além disso, o QGis suporta o carregamento de dados vetoriais, matriciais, rasters e base de dados específicas.

## **2.5 Análise de Decisão Multicritérios (MCDA)**

### **2.5.1 Processo de tomada de decisão**

Gestores dos mais variados campos de atuação necessitam a todo momento tomar um número maior de decisões importantes as quais envolvem, muitas vezes, um volume expressivo de variáveis, sendo necessário comparar diferentes fatores e pontos de vista. (HAMMOND; KEENEY; RAIFFA, 2002).

É importante ressaltar sobre os atores envolvidos no processo de decisão: os decisores são pessoas que assumem as escolhas ou preferências de maneira global; os analistas devem selecionar o modelo, gerenciar informações e transmiti-las aos decisores; o modelo citado corresponde a uma representação do problema, podendo ser descritiva ou qualitativa; há também o ator que corresponde aos que influenciam na tomada de decisão; a alternativa, que está associada ao objeto da decisão, podendo ser uma das etapas mais difíceis do processo decisório; e por fim os critérios, os quais permitem a comparação de diversas ações. (AMORIM, 2014; FIGUEIRA et al, 2016).

### **2.5.2 Método de Análise Hierárquica - AHP**

Para mediar o processo de tomada de decisão, com múltiplas variáveis envolvidas, os métodos multicritérios vão ao encontro a vertente de eficácia e agilidade, visto que possuem características inovadoras através da modelagem e solução de problemas (OSHIRO, CRNKOVIC & SANTOS, 2005). Para realização de uma análise multicritério deverá ser considerado o desempenho das alternativas à luz dos critérios e a importância dos critérios a partir do objetivo estabelecido (COSTA, 2006).

Dentre as diversas metodologias de multicritério, há um destaque em específico para o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o qual trata-se de um método em que o objetivo, critérios e alternativas possuem níveis hierárquicos. Posteriormente é estabelecida uma prioridade, onde é possível perceber a relação entre objetos e situações, a fim de que seja tomada uma correta decisão (COSTA, 2006).

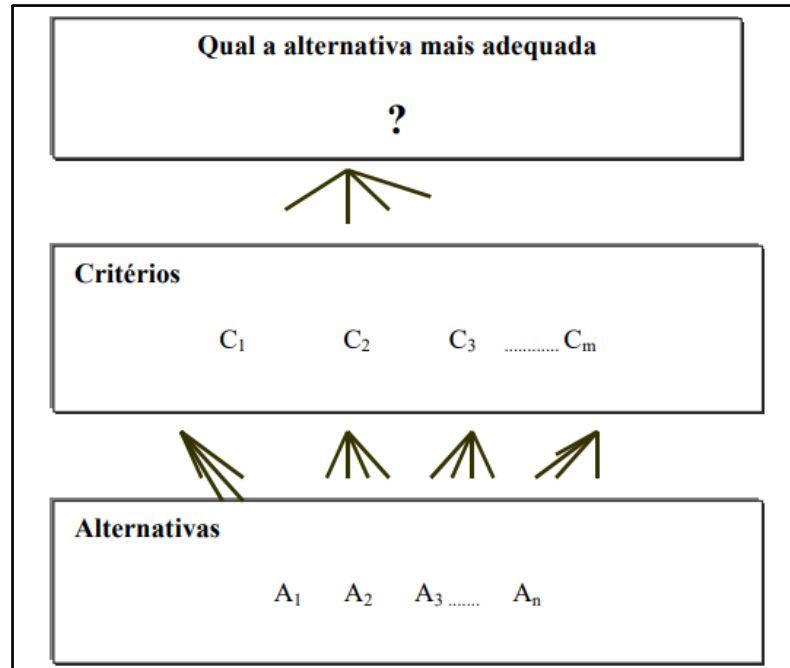


Figura 2 – Processo de escolha de alternativa mais adequada para tomada de decisão.  
Fonte: Costa (2006).

Nesse contexto, os elementos são comparados par a par à luz de um foco e é neste momento onde são atribuídos os valores da escala fundamental de Saaty, indicando a importância entre esses elementos, conforme Tabela 1 (SAATY, 1998). Entretanto, é importante ressaltar que a comparação entre esses elementos só ocorre devido a conversão do julgamento em valores numéricos (COSTA, 2006).

Tabela 1 – Escala fundamental de Saaty.

<b>Intensidade na escala absoluta</b>	<b>Definição</b>	<b>Significado</b>
<b>1</b>	Igual importância	Dois atributos contribuem igualmente para o foco.
<b>3</b>	Importância pequena	Avaliação favorece levemente um dos atributos em relação ao outro.
<b>5</b>	Importância grande	Avaliação favorece fortemente um dos atributos em relação ao outro.
<b>7</b>	Importância muito grande	Um atributo é fortemente favorecido e sua dominância demonstrada na prática.
<b>9</b>	Importância absoluta	A evidência favorece um atributo em relação ao outro é da maior ordem possível.
<b>2,4,6,8</b>	Valores intermediários entre duas avaliações adjacentes.	Quando há dúvida entre duas avaliações.

Fonte: Adaptado de Saaty (1997).

Diante do exposto, para a construção do método AHP, de acordo com Costa (2006), é necessário que sejam desenvolvidas as seguintes etapas:

- Construção e estruturação da hierarquia, onde devem ser identificados o foco principal, que é o objetivo central da decisão; as alternativas, que são as possibilidades viáveis dentro de um contexto; e os critérios, que são os fatores que influenciarão no processo em questão;
- Coleta de dados por especialistas da área do foco principal;
- Síntese dos dados, já devendo ser calculada a prioridade das alternativas à luz do foco principal e à luz de cada critério;
- Quadro de julgamento dos resultados obtidos, o qual deverá ser normalizado;
- Estabelecer os pesos, ou seja, os vetores de prioridade média local e global;
- Avaliação da consistência do julgamento, ou seja, deverá ser identificado se a classificação está consistente com as alternativas viáveis.

O método AHP vem sendo aplicado nas pesquisas relacionadas às ciências ambientais como forma de auxílio à tomada de decisão em diversos segmentos: hierarquização na escolha do tipo de tratamento para resíduos sólidos e efluentes sanitários, melhor fonte de energia renovável disponível, formas de abastecimento de água em locais de difícil acesso, controle de qualidade de água, logística reversa, entre outras abordagens (BARIN, 2010; MARCHEZETTI, 2011; KNUP, 2013; ARANTES, 2021).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Estudo de Caso

O presente trabalho tem como proposta o mapeamento de duas Unidades de Conservação do Norte Fluminense: Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba e Parque Estadual da Lagoa do Açú.

A metodologia empregada neste estudo integra o Método de Análise Hierárquica – AHP (Saaty, 1997), a metodologia de fragilidade ambiental de Ross (1994) e Sistema de Informação Geográfica, através da elaboração de mapas intermediários, ou seja, mapa das ameaçadas verificadas, e sobreposição desses para elaboração do mapa final de fragilidade ambiental das UCs.

##### 3.1.1 Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba - EEEG

A EEEG está situada no município de São Francisco de Itabapoana, região norte do estado do Rio de Janeiro (Figura 3), georreferenciada através das coordenadas 279610 m E e 7636956 m N no sistema UTM, fuso 24 sul, *datum* SIRGAS2000. Compreende uma área de 3.260 hectares que protegem 1.200 hectares de vegetação e importantes mananciais que permeiam esta UC. É uma unidade de conservação do grupo de Uso Sustentável e categoria Estação Ecológica

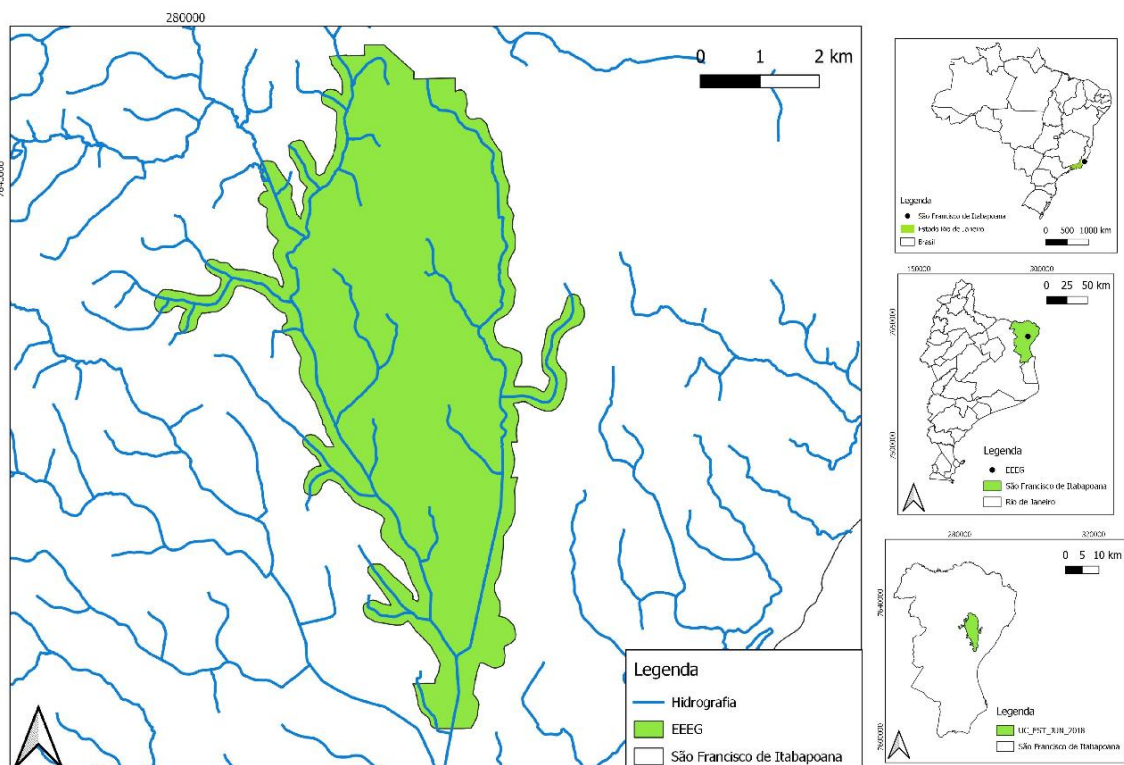


Figura 3 – Mapa de Localização da EEG. Fonte: Próprio autor.

### 3.1.2 Parque Estadual da Lagoa do Açú - PELAG

O Parque Estadual da Lagoa do Açú (PELAG), localizado no Norte Fluminense (Figura 4), foi criado em 2012, através do Decreto Estadual nº 43.522/12, com o objetivo de assegurar a preservação de parte de um dos mais ricos remanescentes da vegetação de restinga existente no estado do Rio de Janeiro. Tal UC abrange uma área de 8.241,25 hectares. A dificuldade de ordenamento no uso do solo nesta área afeta o equilíbrio natural gerando diversos conflitos e dificuldades na gestão de seu território.

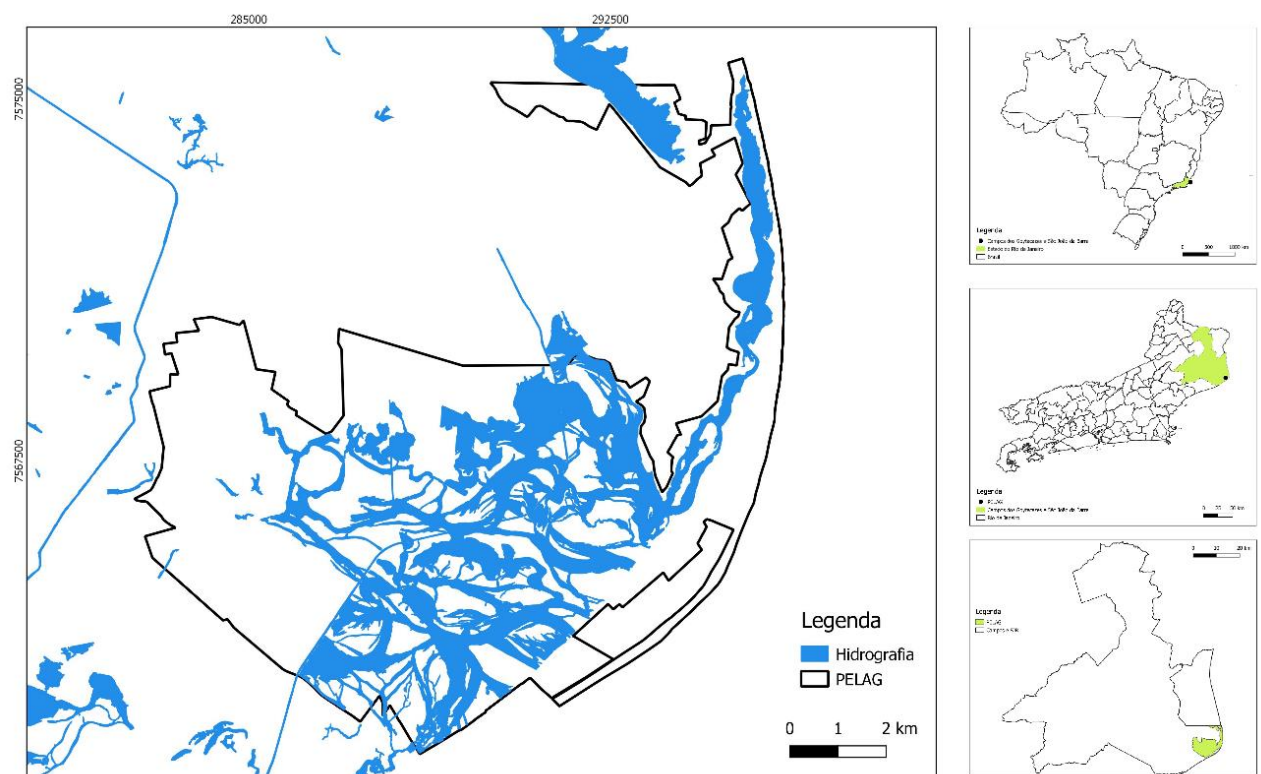


Figura 4 – Mapa de Localização do PELAG. Fonte: Próprio autor.

### 3.2 Mapas das Fragilidades Ambientais

Para elaboração do mapa de fragilidade ambiental foi necessário a elaboração de mapas intermediários. Dessa forma, foi necessário avaliar os fatores ambientais e antrópicos possíveis de ocorrer na área objeto de estudo, tendo em vista que as características da região são específicas tanto no aspecto cultural quanto natural do ambiente.

Com o objetivo de definir os fatores mencionados e também como forma de ponderar os critérios, foi realizada entrevista com os gestores do PELAG e da EEG. Além disso, foi



realizada uma consulta à literatura com o intuito de realizar levantamento dos critérios utilizados por outros autores na elaboração de mapas de fragilidade ambiental.

Fatores como declividade, distância de vias, distância de corpos hídricos, uso e cobertura da terra, espécies de fauna e flora nativas ou exóticas, tipos de rochas e solos, perda de cobertura vegetal e drenagem são considerados em diversos estudos (Akgun, Kınal, e Pradhan 2012; Demir et al. 2013; Mohamed 2020; Rincón et al. 2019; Rodríguez-Merino, García-Murillo, e Fernández-Zamudio 2020). Entretanto, nos casos em questão, considerando que as duas áreas são planas, fatores relacionados à declividade não foram considerados. No caso da EEG o mapa de Tipos de Solo não é aplicável, tendo em vista que nesta unidade há a ocorrência total do Latossolo Amarelo originado dos sedimentos do Terciário, de acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

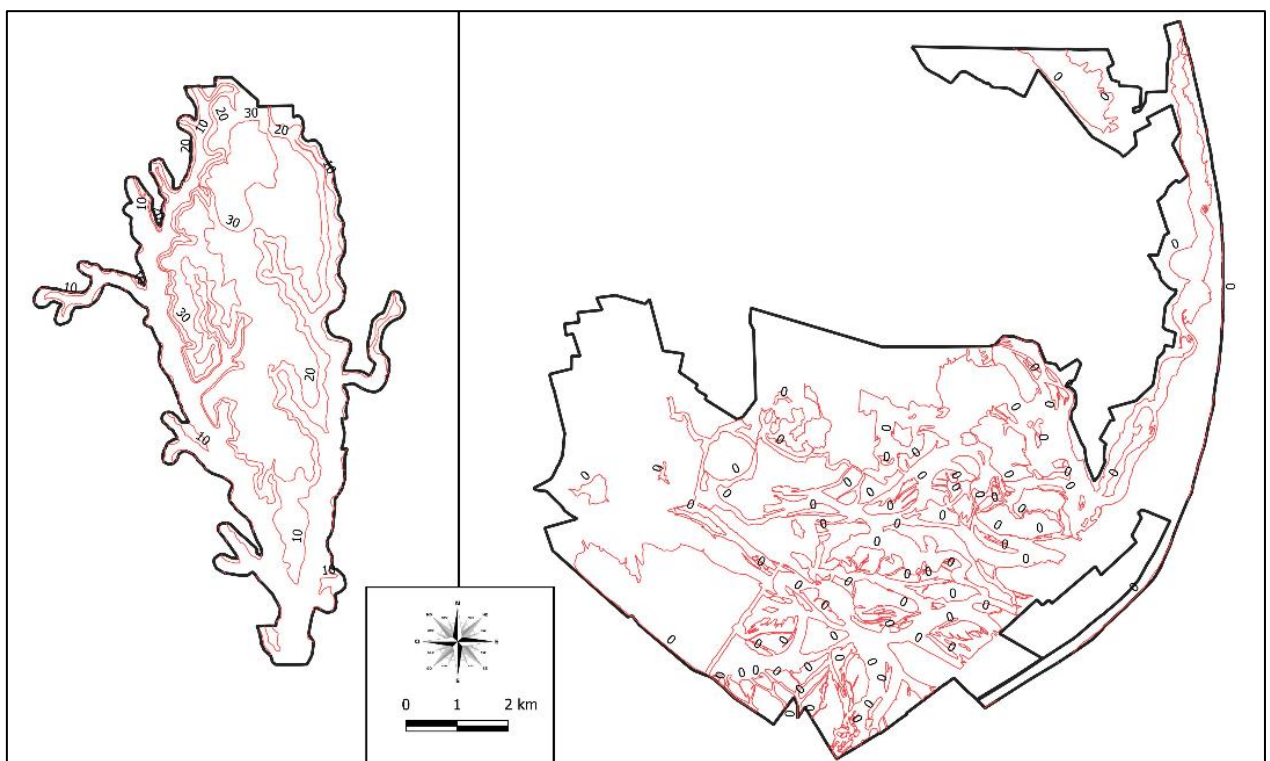


Figura 5 – Mapa de curvas de nível da EEG e PELAG, demonstrando que a variação de cotas é mínima, ou seja, que se trata de área plana. Fonte: Próprio autor.

Os critérios considerados para a EEG foram Uso e Cobertura da Terra, Acesso por vias e Queimadas. Em relação ao PELAG, foram adotados os critérios Uso e Cobertura da Terra, Tipos de solo e Distância de vias.

Após estabelecimento dos critérios, iniciou-se a elaboração dos mapas intermediários, que demandou o uso de ferramentas do QGIS, tendo em vista que foi necessário realizar

tratamento das bases de dados e padronizá-las quanto ao Sistema de Referência de Coordenadas (SRC). O SRC utilizado no presente trabalho foi o número 31984, ou seja, SIRGAS2000 UTM 24S. Em relação ao tratamento da base de dados foram utilizadas as ferramentas “Recortar”, “Diferença Simétrica”, “Diferença”, “Corrigir Geometrias”, “Dissolver” e “União”.

Em seguida, foi aplicada a metodologia proposta por Ross (1994), a qual prevê a variação dos valores na escala de 1 a 5, onde o valor 1 corresponde a fragilidade muito baixa, 2 a fragilidade baixa, 3 média, 4 alta e 5 muito alta. Para isto, foi acrescentada uma coluna denominada “Classe” na tabela de atributos dos arquivos *shape* no QGis.

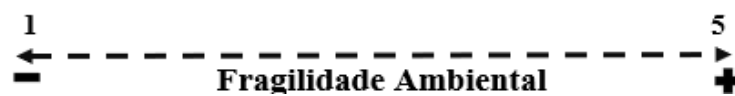


Figura 6 - Escala de fragilidade ambiental, a qual demonstra que a proximidade do número 5 corresponde a maior fragilidade ambiental. Fonte: Próprio autor.

Após definição das respectivas classes de cada fator existente nos mapas intermediários, os arquivos *shapes* foram convertidos em arquivos *rasters*, com adoção do pixel 10000 x 10000. Em seguida, foi realizada a matriz hierárquica com aplicação do método AHP e foram obtidos os valores dos autovetores, que são os pesos das variáveis, bem como razão de consistência, com auxílio do *software Ipê*. Os valores dos pesos foram aplicados na calculadora *raster* do software QGis para combinação dos mapas intermediários e obtenção do mapa final de fragilidade ambiental das UCs.

### 3.2.1 Critérios

#### 3.2.1.1 Uso e Cobertura da terra

O uso e cobertura da terra são fundamentais na proteção do solo e lençol freático, e interfere diretamente contra a degradação de corpos hídricos. Nesse sentido, um solo coberto por cobertura vegetal nativa possui uma fragilidade ambiental muito menor do que um solo com uso agrossilvipastoril ou com ocupações irregulares.

O mapa de uso e cobertura da terra da EEG foi produzido a partir de imagens atuais obtidas do *Google Satellite*, através da integração pixel a pixel, considerando a fenologia das tipologias vegetais e outros usos da terra, e também as informações obtidas na entrevista com a gestora da UC.

Dessa forma, foi verificado que o uso e cobertura da terra da EEEG compreende de Várzea embrejada, Área antropizada, Espécie exótica, Vegetação Nativa, Área de reflorestamento, Regeneração Natural e Atividade Agropecuária.

A definição dos atributos no mapa de uso e cobertura do solo, foi realizada considerando o impacto que cada uso/cobertura gera no ambiente em função da permeabilidade do solo, existência de vegetação, biodiversidade de cada local e existência de corpo hídrico (BERGER 2007; SANTOS 2000).

Tabela 02 – Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de uso e cobertura da terra da EEEG. Fonte: Próprio Autor.

<b>Atributo</b>	<b>Classe</b>
Várzea Embrejada	1
Área Antropizada	3
Espécie Exótica	5
Vegetação Nativa	1
Área de Reflorestamento	2
Regeneração Natural	2
Atividade Agropecuária	4

O mapa de uso e cobertura do PELAG, foi gerado a partir da base cartográfica digital (2018) da Coordenadoria de Gestão de Território e Informações Geoespaciais (COGET), da Diretoria de Biodiversidade, Áreas Protegidas e Ecossistemas (DIBAPE), do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A escala da referida base digital é de 1:10.000.

Para definição dos atributos no mapa de uso e cobertura do solo PELAG foram consideradas as mesmas questões ambientais citadas no item 3.2.1.1 da EEEG.

Tabela 03 – Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de tipos de solo do PELAG. Fonte: Próprio Autor.

<b>Atributo</b>	<b>Classe</b>
Área Alagada	2
Lagoas	1
Vegetação Nativa	1
Área Edificada	4
Atividade Agropecuária	3
Espécie Exótica	5

### 3.2.2.2 Acesso pelas vias

No que tange ao critério “distância de vias”, este considera a influência do tráfego existente nessas vias (SANTOS, 2004; LIMA & SOUZA, 2008). Dessa forma, foi necessário atribuir distâncias a partir do limite da via para considerar os impactos.

Para definição dessas distâncias, foi considerada a metodologia proposta por Santos (2004), e os polígonos foram gerados a partir da ferramenta *buffer* existente no *Quantum GIS*. As distâncias adotadas, foram de 0 a 5 metros, 5 a 10 metros, 10 a 25 metros, 25 a 50 metros e acima de 50 metros.

Para a EEEG foi verificado no plano de manejo que existem zonas de uso conflitante no interior desta UC, as quais correspondem a áreas dotadas de sistema viário. A zona conflitante que apresenta destaque no plano de manejo é a “estrada Carrapato-Guaxindiba”, a qual situa-se no interior do fragmento florestal. Esta via interliga diversas localidades às praias do município.

Todavia, em consulta à Estação Ecológica, foi informado que o acesso de caminhões foi controlado de forma satisfatória, e que tal via encontra-se em estado precário, com a presença de buracos que impossibilitam seu uso. Além disso, há outro ponto de acesso direto à área de reflorestamento principal da EEEG que também foi fechado para evitar problemas no sucesso do plantio. Tais fatores podem ser observados na Figura 07, a seguir.

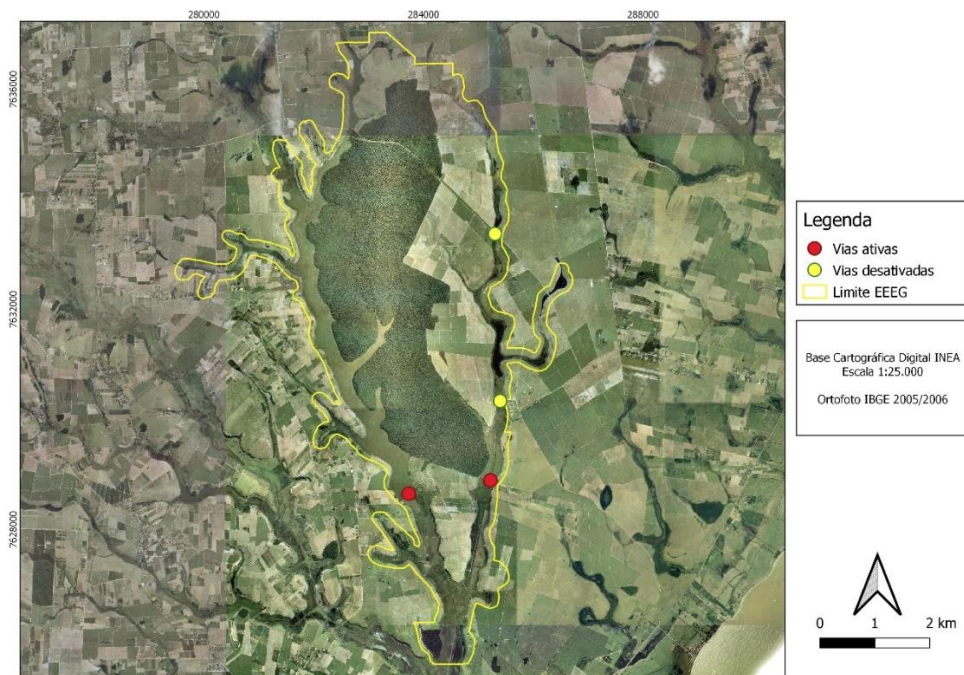


Figura 7 – Vias de acesso da EEEG, com destaque em amarelo para as vias desativadas e em vermelho para as principais vias ativas. Fonte: Próprio Autor.

Existem outras vias de acesso a EEEG que são preocupantes e demandam atenção, tendo em vista que permitem acesso aos mananciais, tornando-se uma área propícia à pesca ilegal, e acesso a uma área objeto de reposição florestal. Diante do exposto, foi realizado um filtro nas vias que seriam consideradas para o mapa da EEEG.

No que diz respeito ao PELAG, todas as vias foram consideradas, tendo em vista que estão com tráfego normal, sem impedimentos de acesso.

O mapa de distância de vias foi projetado a partir da base cartográfica digital IBGE (2014), escala 1:50.000.

Tabela 04 – Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de distância de vias da EEEG e PELAG. Fonte: Próprio Autor.

<b>Atributo</b>	<b>Classe</b>
0-5 metros	5
5-10 metros	4
10-25 metros	3
25-50 metros	2
>50 metros	1

### 3.2.2.3 Queimadas

A ausência de regularização fundiária e necessidade de desapropriação de áreas privadas existentes na UC propiciam o uso inadequado do solo. Uma problemática que possui destaque na EEEG é o plantio de cana nas áreas próximas ao limite da unidade, visto que os proprietários dessas áreas ainda possuem a prática de queimar a lavoura. Isso faz com que faíscas sejam lançadas através do vento para os brejos e provoque histórico de queimada nesta unidade.

Tendo em vista que este critério não possui atributos, para sua classificação foram definidas áreas com queimadas e áreas sem queimadas.

Tabela 05 – Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de queimadas da EEEG. Fonte: Próprio Autor.

<b>Atributo</b>	<b>Classe</b>
Com queimada	5
Sem queimada	1

Este critério não foi considerado no PELAG, tendo em vista que é um fator controlado nesta unidade de conservação.

### 3.2.2.4 Tipo de Solo

As características físico-químicas indicam que determinado solo será mais sensível que outro nas mesmas condições ambientais, bem como influenciará direto na sua capacidade de troca de nutrientes (Kawakubo, 2005). Desse modo, foi possível comparar os solos presentes na área baseado nos dados, conforme Santos (2018) e Cavedon e Shinzato (1997), apresentados na Tabela 1.

Tabela 06 – Características dos solos utilizadas para atribuição dos valores de fragilidade, baseado nas descrições de Santos (2018) e Cavedon e Shinzato (1997).

Componente Ambiental	Classificações	pH	Horizonte	Textura
Solos	Podzol hidromórfico distrófico	<7	B	arenosa/média/argilosa
	Glei pouco humido Salino solodico	3,4 – 4,6	A	francoarenosa/ mais fina
	Cambissolo eutrófico	3 – 3,7	A	arenosa/média/argilosa
	Solos aluviais eutróficos	>7,4	B	francoarenosa/mais argilosa

Fonte: Próprio autor.

O mapeamento deste critério foi gerado a partir de um projeto para gestão territorial do estado do Rio de Janeiro realizado através de uma parceria entre a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na escala 1:500.000.

Tabela 07– Valores de fragilidade ambiental definidos para cada atributo do mapa de tipos de solo do PELAG. Fonte: Próprio Autor.

Atributo	Classe
Podzol hidromórfico distrófico	2
Glei pouco humido Salino solodico	3
Cambissolo eutrófico	3
Solos aluviais eutróficos	5

Conforme supramencionado, este critério não foi adotado para a EEEG, tendo em vista que o tipo de solo não varia ao longo da UC.

### 3.3 Estrutura Hierárquica

A estrutura hierárquica para definição da fragilidade ambiental foi dividida em 3 (três) critérios e 5 (cinco) alternativas, conforme representado na figura a seguir. Foram definidas duas estruturas distintas, uma para a EEEG e outra para o PELAG.

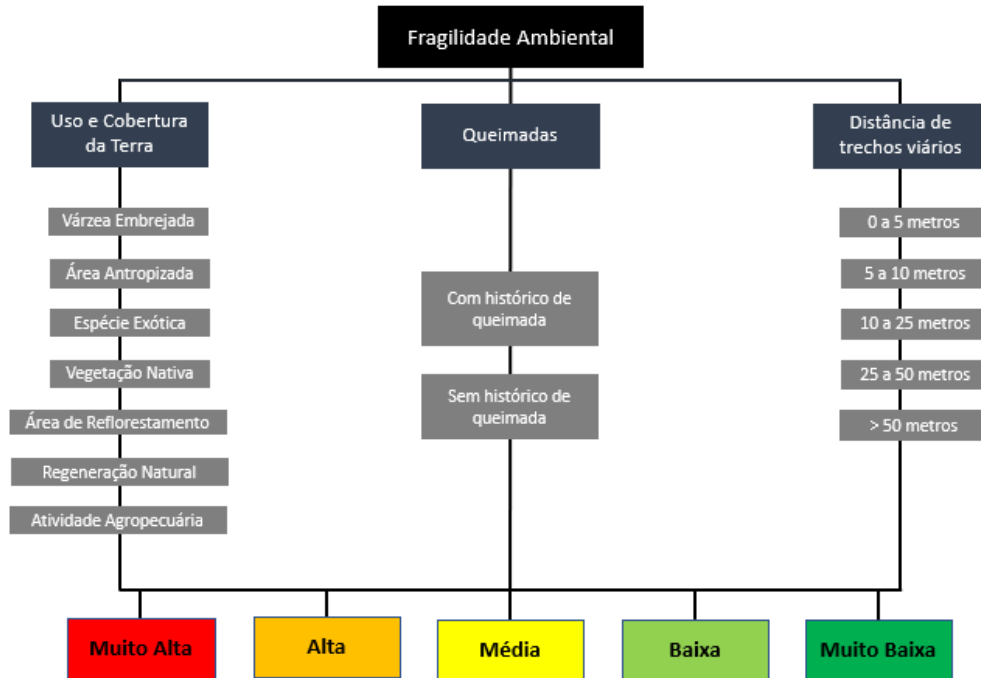


Figura 8 – Estrutura hierárquica estabelecida para a EEEG. Fonte: Próprio Autor.

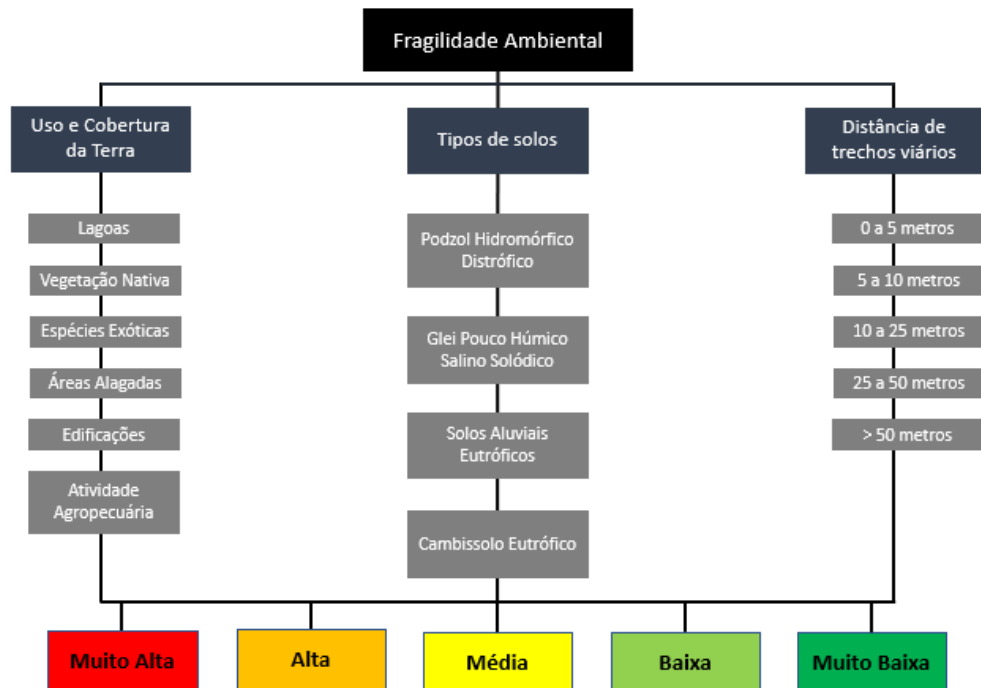


Figura 9 – Estrutura hierárquica estabelecida para o PELAG. Fonte: Próprio Autor.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O presente trabalho apresenta os mapas e suas avaliações acerca da fragilidade ambiental, bem como os resultados oriundos das análises dos mapas intermediários da EEG e do PELAG. Nesse sentido, além dos produtos cartográficos finais, também são importantes os critérios identificados, suas características, e seus respectivos mapas.



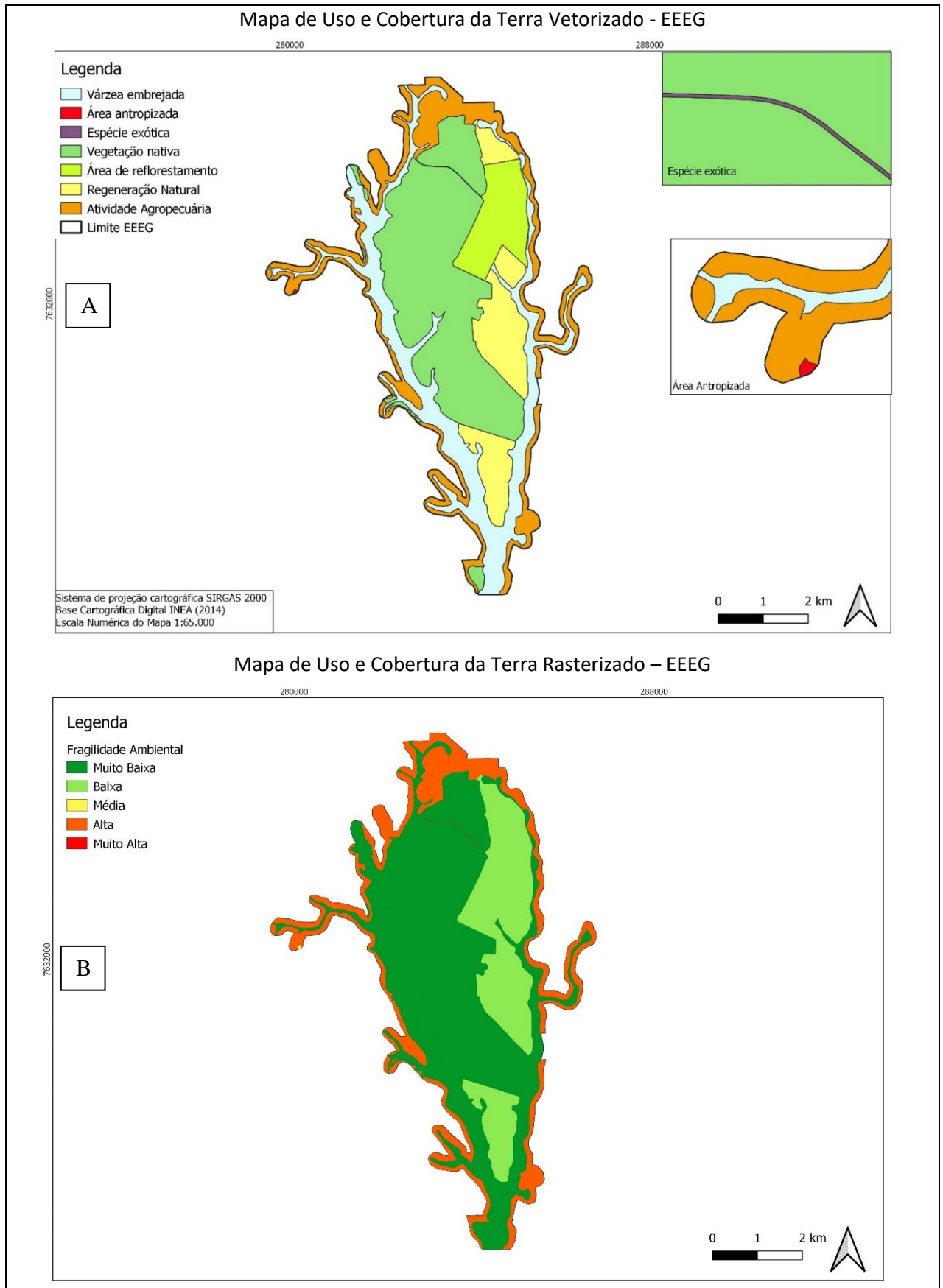


Figura 10 – (A) Mapa vetorizado, indicando os tipos de uso e cobertura da terra da EEG. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de uso e ocupação do solo da EEG. Fonte: Próprio Autor.

Um dos principais conflitos do fragmento protegido pela Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba é a extração de lenha para carvão, por esse motivo a mata é popularmente conhecida como “Mata do Carvão”. Entretanto, com a criação da unidade e intensas ações fiscalizatórias essa situação relacionada foi resolvida, não havendo mais problemas de supressão na mata em questão, conforme histórico de fiscalização registrado pela EEEG.

As terras da Estação possuem uso histórico para cultivo de cana-de-açúcar, abacaxi e criação de gados. O fato de ser uma área com relevo plano, permeada por brejos, faz com que a área seja propícia para atividades agropecuárias. Ainda não foi possível solucionar totalmente esta questão, tendo em vista que a UC carece de regularização fundiária, o que faz com que haja ocupação por essas atividades agropecuárias e também por poucas residências.

Dessa forma, como é possível observar na Figura 11, as áreas contíguas ao limite da EEEG são as mais preocupantes, tendo em vista que possuem o uso principal para fins agropecuários, o que faz com que a fragilidade ambiental nestas áreas seja alta. O pisoteio do gado propicia a compactação do solo e o plantio da cana-de-açúcar é um risco pela cultura local de queimar a lavoura antes de sua colheita. Em relação ao plantio de abacaxi, a problemática está relacionada ao uso agrotóxicos (DA SILVA, 2019; ALMEIDA, 2020; BORGES, 2020).

Outro ponto importante a ser observado são as áreas cobertas por espécie exótica, neste caso específico o “Capim-Colonião” (*Panicum maximum*), que é agressiva, de difícil controle, e possui grande capacidade reprodutiva, podendo afetar o equilíbrio ecossistêmico onde ocorre (CRUZ, 2010; DA CRUZ, 2019). França *et al* (2019) abordaram acerca da fragilidade ambiental em Minas Gerais e constataram que umas das causas para o aumento da fragilidade ambiental podem estar relacionadas à formação de pastagens de gramíneas exóticas.

As áreas que apresentaram fragilidade ambiental muito baixa ou baixa são as áreas de vegetação nativa, várzeas brejosas, em fase de reflorestamento e em regeneração natural. As áreas com ocupação antrópica, ou seja, edificações, apresentaram fragilidade média. Tal fato pode relacionar-se a impermeabilização do solo. Entretanto, no caso da EEEG, a área ocupada por residências é muito pequena, não havendo tanto impacto no mapa.

Um estudo da fragilidade ambiental causada pela instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), realizado por Cardoso *et al* (2015), também considerou a variável vegetação e constatou que a implantação desse empreendimento acarretaria a remoção da vegetação e a exposição do solo poderia favorecer processos erosivos.

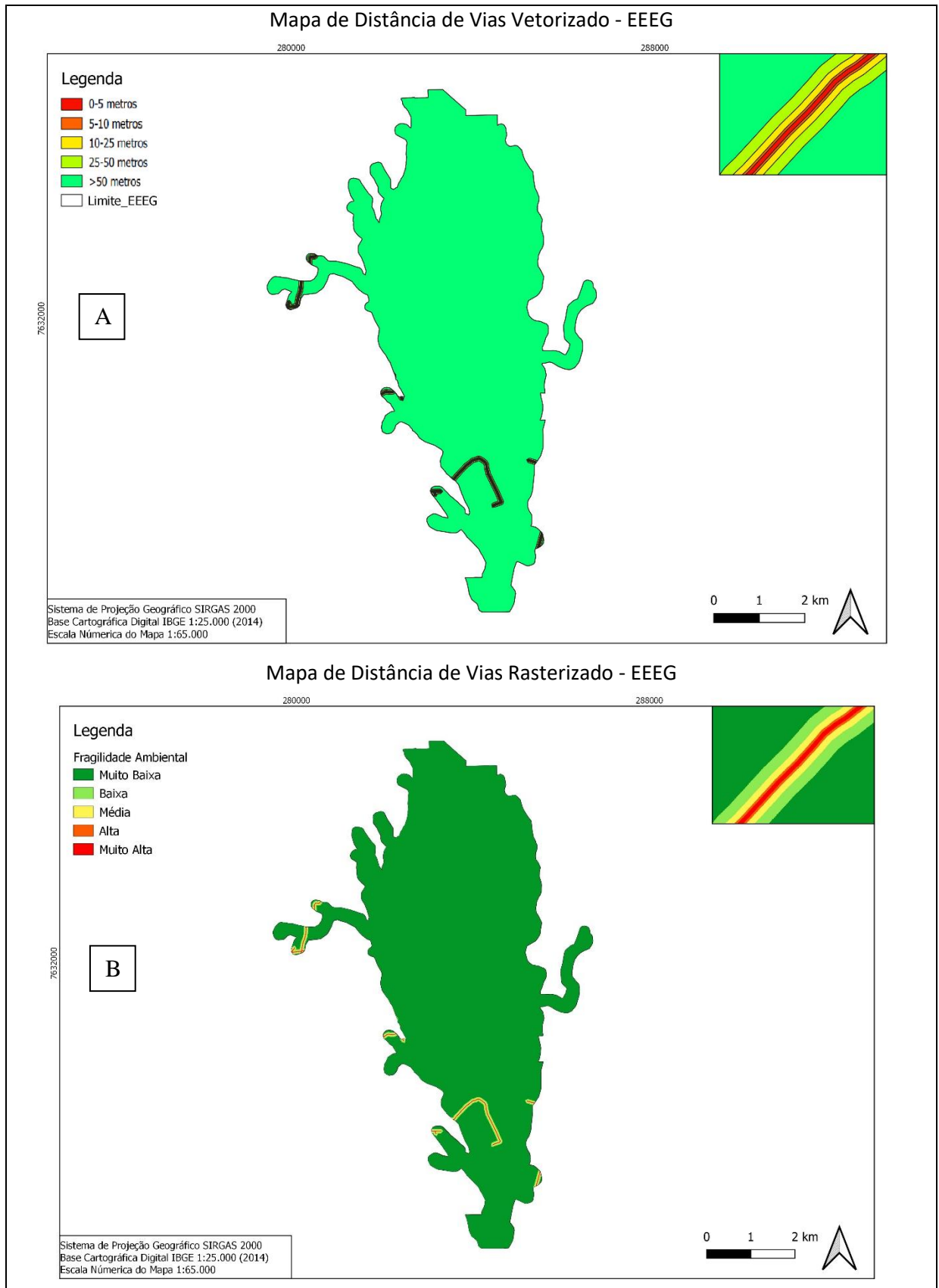


Figura 11 – (A) Mapa vetorizado, indicando as áreas afetadas pelas vias. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de distância de vias da EEG. Fonte: Próprio Autor.

A EEEG possui poucas vias em seu interior, sendo a mais expressiva situada na parte Sul da Estação. Essas vias são as mais preocupantes, tendo em vista que permitem acesso a brejos e também a área da mata, que possuem diversidade de fauna. Portanto, tais áreas precisam de atenção para que seja evitada a pesca ilegal, caça no interior da mata, e possíveis desmatamentos. Lima & Souza (2008) também observaram que o maior impacto oriundo da infraestrutura viária ocorre nos limites do Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte.

Além de ser possível o acesso a pessoas sem permissão ao interior da Estação, o tráfego de veículos pode causar efeitos negativos na biodiversidade com possíveis atropelamento de fauna ou na própria vegetação de borda.

Santos *et al* (2018) realizaram uma pesquisa acerca da influência do entorno de uma RPPN da Bahia sobre a caça e verificaram que a distância entre as comunidades locais e vias de acesso a UC podem ser um dos principais fatores para caça de mamíferos e aves. Entretanto no mesmo estudo eles abordam sobre as operações de fiscalização realizada na RPPN e sua relação com os trechos viários, demonstrando grande importância das vias.

No caso da EEEG, tendo em vista que as vias de acesso são advindas de fora do limite da estação, não percorrendo grandes trechos no interior da UC, pode ser interessante sua desativação, tendo em vista o não uso por parte da fiscalização da EEEG.

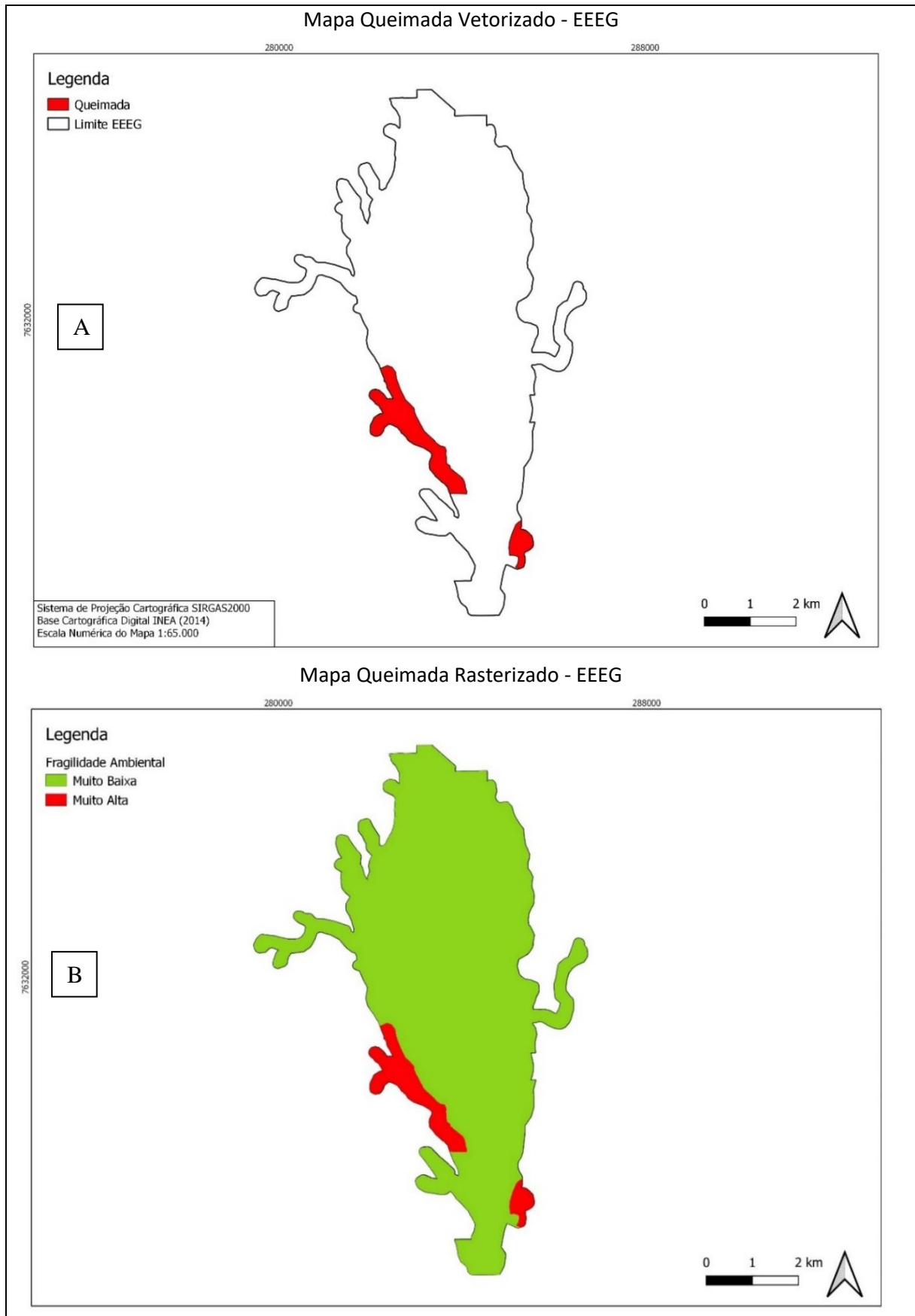


Figura 13 – (A) Mapa vetorizado, indicando as áreas com histórico de queimada. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de queimadas da EEEG. Fonte: Próprio Autor.

O histórico de queimadas na EEEG é um fator preocupante, tendo em vista o risco de perda da biodiversidade, e sua difícil reparação, frente a um incêndio. Próximo a data de criação da Estação, houveram alguns incêndios criminosos, provocados por produtores rurais que estavam sendo desapropriados pela UC. Tal questão foi solucionada através de uma gestão da UC, onde buscou integrar a sociedade junto ao seu propósito de criação e conscientizá-los sobre a Lei de Crimes Ambientais.

Os focos de incêndio apontados no mapa foram desenhados pelos gestores da UC, e ocorreram em função de queima de lavoura de cana de açúcar em data mais recente: 2018-2020. Nesta ocasião, fagulhas de fogo foram lançadas através do vento para as áreas dos brejos e se espalhou pela vegetação do próprio brejo. Os incêndios em questão foram controlados, não atingindo o fragmento florestal da EEEG.

A maioria dos incêndios florestais são influenciados pelas praticas tradicionais de limpeza do terreno com uso do fogo, onde não são raros os casos onde o controle do fogo é perdido e este se alastra pra outras áreas, causando incêndios florestais (Marques & Lopes 2007; Prudente & Rosa, 2010).

Gobbo *et al* (2016), pesquisaram acerca de incêndios no Parque Nacional do Caparaó, e verificaram que os locais mais propícios a incêndios são áreas de beira de estrada, pastagem, capoeiras e próximas aos fragmentos florestais. Abordaram ainda que as áreas com vegetação mais densa possuem menor risco de incêndio devido a sua combustibilidade média.

Para geração do mapa de fragilidade ambiental da EEEG, os mapas supracitados foram combinados. Dessa forma, foi aplicado o AHP, sendo possível obter uma razão de consistência aceitável, conforme Saaty (1997), igual a 0.028.

Tabela 08 – Importância dos critérios à luz do foco principal. U CT – Uso e Cobertura da Terra; Q – Queimada; DV – Distância de Vias.

<b>Foco principal</b>	<b>UCT</b>	<b>Q</b>	<b>DV</b>
<b>UCT</b>	1	4	7
<b>Q</b>	-	1	3
<b>DV</b>	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 09 – Peso calculado dos critérios (autovetor).

<b>Critério</b>	<b>Peso Calculado</b>
Uso e Cobertura da Terra	0.701
Queimada	0.213
Distância de vias	0.085

Fonte: Próprio Autor.

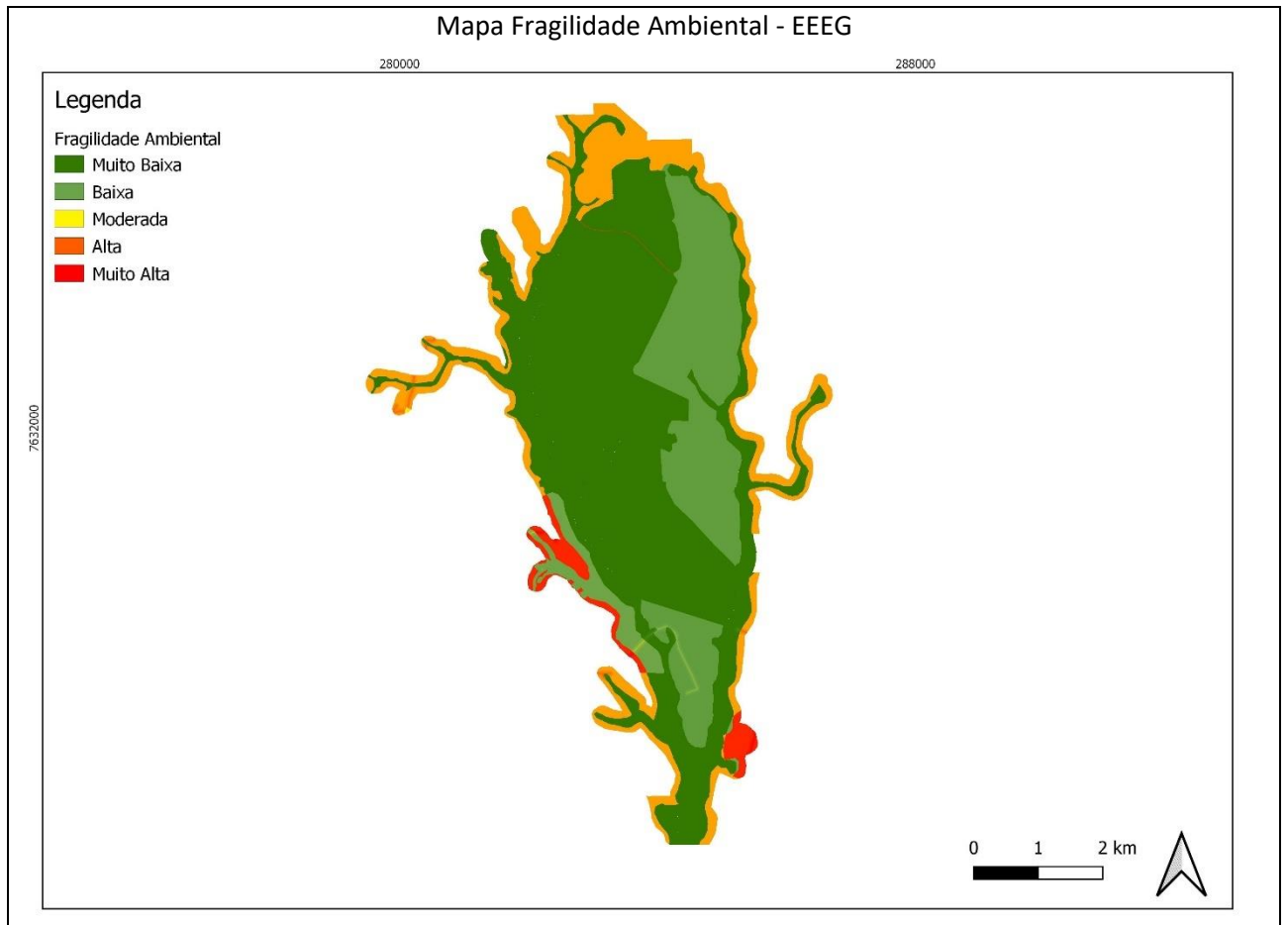


Figura 13 – Mapa de fragilidade ambiental da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, com base nos critérios adotados. Fonte: Próprio Autor.

O mapa de fragilidade ambiental da EEG demonstrou que as áreas com menor fragilidade ambiental são as áreas que possuem cobertura vegetal nativa, em reflorestamento, em regeneração natural e as várzeas brejosas. As áreas com atividades agropecuárias apresentaram fragilidade ambiental alta. As áreas cuja fragilidade ambiental se apresentou muito alta foram as com histórico de queimada e cobertas por espécie exótica. As vias apresentaram fragilidade moderada. Nesse sentido, entre as principais ameaçadas à biodiversidade local a EEG estão as espécies exóticas, caça e pesca que ocorre através dos acessos a UC e queimadas.

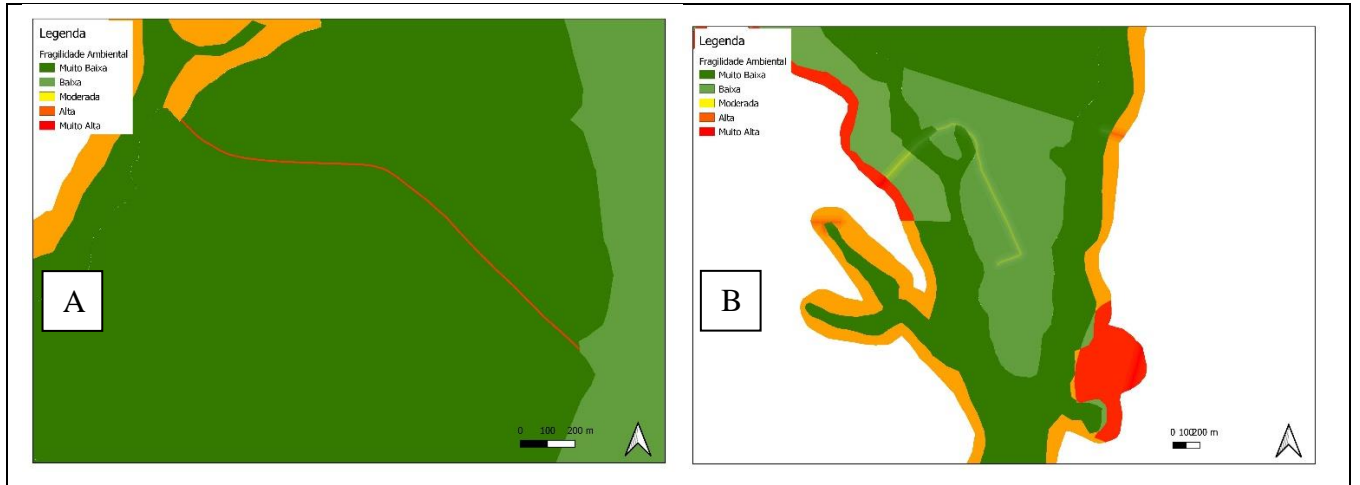


Figura 14 – (A) Mapa de fragilidade ambiental da EEG com destaque em vermelho para a área coberta por espécie exótica, indicando fragilidade ambiental muito alta. (B) Mapa de fragilidade ambiental da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, com visualização da área das vias que apresentaram fragilidade ambiental moderada. Fonte: Próprio Autor.

Um fator interessante na sobreposição dos mapas que pode ser observado na Figura 13, é que locais sobrepostos por vias, atividade agropecuária e queimada, apresentaram fragilidade muito alta. Os com sobreposição entre queimada e atividade agropecuária, apresentaram fragilidade alta. E ainda, os locais sobrepostos entre vias e área em regeneração apresentaram fragilidade moderada. Isso ocorre pela soma dos pesos dos critérios realizada após a aplicação do método AHP no QGIS.



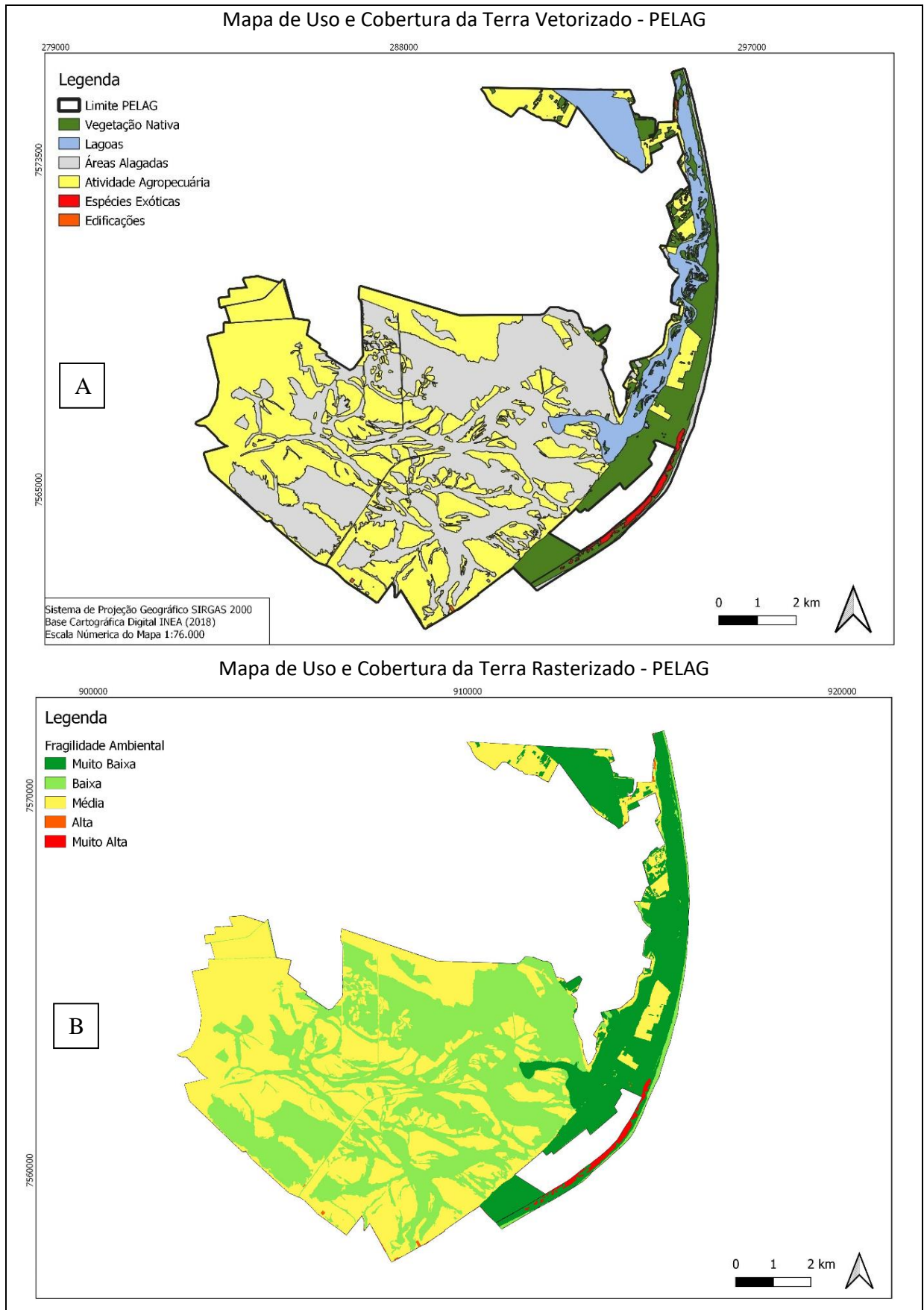


Figura 15 – (A) Mapa vetorizado, indicando os tipos de uso e cobertura da terra do PELAG. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de uso e ocupação do solo. Fonte: Próprio Autor.

Através da análise do mapa de uso e cobertura da terra, foi possível observar que grande parte da área do PELAG encontra-se ocupada por áreas com atividades agropecuárias, que podem causar compactação do solo e substituição da vegetação natural por gramíneas ou outras espécies de cultivo agrícola. Diante disto, tais áreas apresentaram fragilidade ambiental moderada.

Berger *et al.* (2007) constatou uma situação semelhante ao avaliar a fragilidade ambiental da RPPN Cafundó, situada no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES, onde em função das áreas de pastagem e agrícolas ocuparem boa parte do território, essas áreas apresentaram maior risco.

Outra grande parte da área é ocupada por áreas alagadas e lagoas, as quais apresentaram fragilidade ambiental baixa e muito baixa, respectivamente. As lagoas existentes no interior do PELAG são denominadas Lagoa do Açú e Lagoa Salgada.

A vegetação do PELAG é constituída principalmente por restinga, variando desde as psamófilas-reptantes até a restinga arbórea, sendo possível constatar o gradiente de transição deste ecossistema. Essas áreas apresentaram fragilidade ambiental muito baixa.

É possível observar que o PELAG possui uma região onde está ocorrendo a reprodução da casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.), uma espécie extremamente agressiva e alelopática, ou seja, com grande potencial de competição de nutrientes. Além disso, a casuarina também acarreta o sombreamento das áreas, o que é prejudicial para espécies de restinga. Essa área apresentou fragilidade ambiental muito alta.

Zimmermann (2016) realizou um estudo sobre o potencial de invasão de Casuarinas e restingas e a limitação da regeneração da vegetação nativa. Foi constatado que o fator principal que impede a regeneração da espécie nativa é o fato da Casuarina ser alelopática.

Outro ponto de destaque no caso do PELAG são as ocupações por edificações. Por se tratar de região litorânea muito próximas a locais de adensamento urbano, a área é muito cobiçada para construção de casas de veraneio. Aliado à impermeabilização do solo e remoção da vegetação natural existente, construção de residências geram outro problema na região que é a ausência de tratamento do esgotamento sanitário e distribuição de água. Dessa forma, os efluentes sanitários são encaminhados para fossas rudimentares, que podem causar contaminação do lençol freático, e para a distribuição de água, são realizadas perfurações de poços sem controle de volume captado ou da qualidade desta água.

Diversos problemas podem ser gerados em um determinado ambiente devido à ausência de boas práticas de uso e ocupação de solo. Ramos *et al.* (2000) contataram sérios problemas relacionados à erosão do solo devido ao uso indisciplinado, acarretando também danos aos recursos hídricos no nordeste da Espanha. De maneira semelhante foi abordado por Artmann (2015) ao verificar que fatores como impermeabilização do solo é um problema perverso que ocorre na Alemanha.

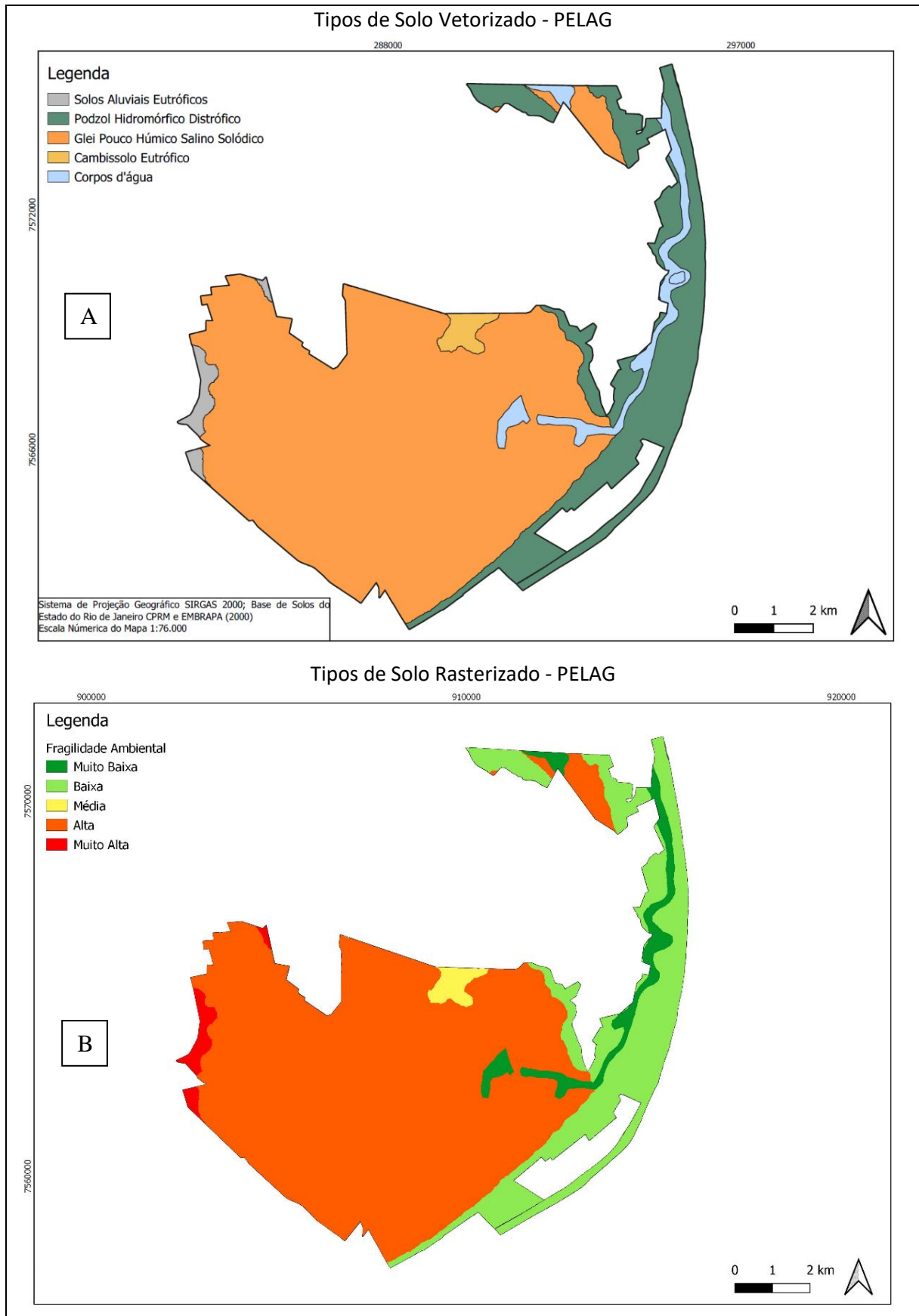


Figura 16 – (A) Mapa vetorizado, indicando os tipos de solo PELAG. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de tipos de solo. Fonte: Próprio Autor.

Foi possível observar que a área de maior fragilidade ambiental é a dos Solos Aluviais Eutróficos, tal fato está relacionado a ser uma classe de solo com minerais pouco evoluídos, que são formados por depósitos recentes de rios, podendo variar muito em relação a sua constituição. Além disso, seu pH é extremamente baixo.

No que se refere aos resultados oriundos do mapa síntese de tipo de solo do PELAG, foi observado que maior parte da área ocorre o Glei Pouco Humido Salino Solódico, um solo característico de terrenos com áreas alagadas com deposição de sedimentos de origem flúvio-lagunar, sendo, portanto, uma área naturalmente mais frágil, com pouca capacidade de suporte de carga. Uma grande desvantagem do solo Glei Húmico é que pode ser ocupado por pastagem quando não se encontra encharcado. Nota-se que as aéreas de alta fragilidade ocorrem devido à baixa agregação dos sedimentos e ao uso do solo neste local. De acordo com uma pesquisa realizada por Costa *et al.* (2008) no município de Campos dos Goytacazes, este mesmo solo é encontrado em regiões próximas ao Rio Imbé e a Lagoa Feia.

O Cambissolo Eutrófico apresentou uma fragilidade ambiental média, por ser um solo pouco evoluído ainda com minerais primários e presença do horizonte B incipiente.

A área ocupada pelo solo Podzol Hidromórfico Distrófico apresentou fragilidade ambiental baixa. Este solo é pouco usado na agricultura e é característico de ocorrência em áreas de restingas, raramente ocorrem em florestas e são compostos por areias quartzosas marinhas. Tendo em vista que a área onde tal solo ocorre é a faixa de areia de ocorrência da vegetação psamófila-reptante, a qual não demanda raízes profundas e grande disponibilidade de nutrientes, sua fragilidade ambiental foi apontada como baixa.

Gomes (2013) em seu estudo sobre a fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Almada no sul da Bahia, utilizou-se da metodologia proposta por Ross (1994) para atribuição de valores para o atributo substrato rochoso (solos) na bacia hidrográfica do rio Almada. Nota-se que as aéreas de alta fragilidade ocorrem devido a baixa agregação dos sedimentos, característica observada em alguns solos estudados neste trabalho, sendo os pesos atribuídos a ele coerentes com aqueles apresentados por Gomes (2013).

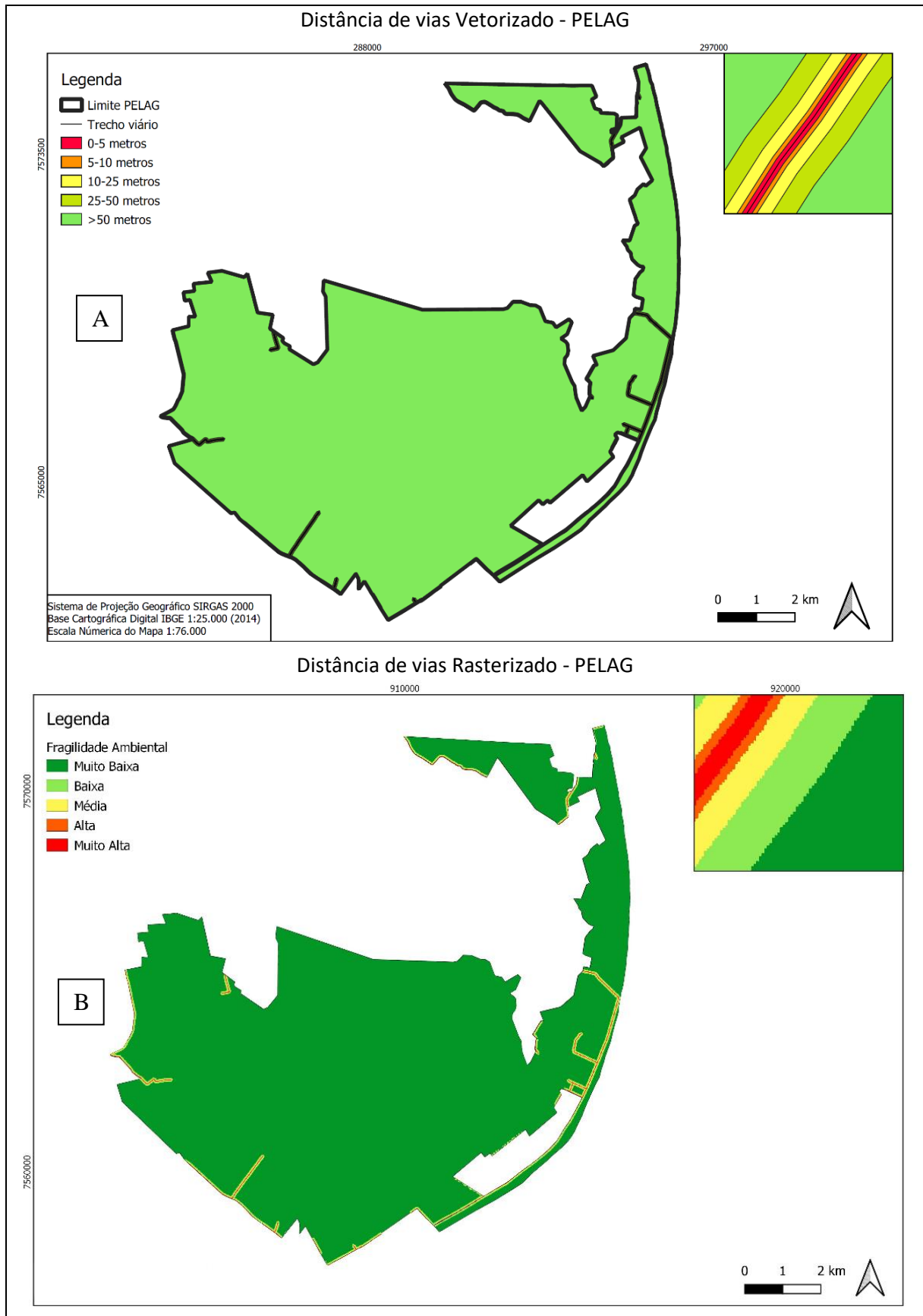


Figura 17 – (A) Mapa vetorizado, indicando as distâncias de vias. (B) Mapa Rasterizado, após aplicação da metodologia de fragilidade ambiental, indicando a fragilidade ambiental do mapa de distância de vias. Fonte: Próprio Autor.

As questões associadas à infra-estrutura viárias que irão influenciar no tráfego em uma determinada região. O mapa síntese de distância de vias no PELAG mostrou que poucas são as áreas afetadas pelas vias, conforme pode ser observado na Figura 18. Entretanto deve ser observado que existem vias próximas aos fragmentos florestais, e que o acesso aos fragmentos podem propiciar a caça e desmatamento, além de criar mais áreas onde um determinado fragmento poderá sofrer com o efeito de borda.

O estudo supramencionado de Cardoso *et al* (2015) abordou que o desmatamento acarretaria na fragmentação de habitats, resultando na redução da biota ali existente. Esta fragmentação corrobora com o que acontece com as vias no interior do PELAG que ocorrem entre os fragmentos florestais.

A combinação dos mapas intermediários para geração do mapa de fragilidade ambiental ocorreu com o auxílio do método AHP. Com a aplicação do referido método, foi possível obter uma razão de consistência aceitável, conforme Saaty (1997), sendo esta igual a 0,016.

Tabela 10 – Importância dos critérios à luz do foco principal. TS – Tipo de Solo; UCT – Uso e Cobertura da Terra; DV – Distância de Vias.

<b>Foco principal</b>	<b>UCT</b>	<b>DV</b>	<b>TS</b>
<b>UCT</b>	1	3	6
<b>DV</b>	-	1	3
<b>TS</b>	-	-	-

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 11 – Peso calculado dos critérios (autovetor).

<b>Critério</b>	<b>Peso Calculado</b>
Uso e Cobertura da Terra	0.653
Distância de Vias	0.251
Tipo de Solo	0.096

Fonte: Próprio Autor.

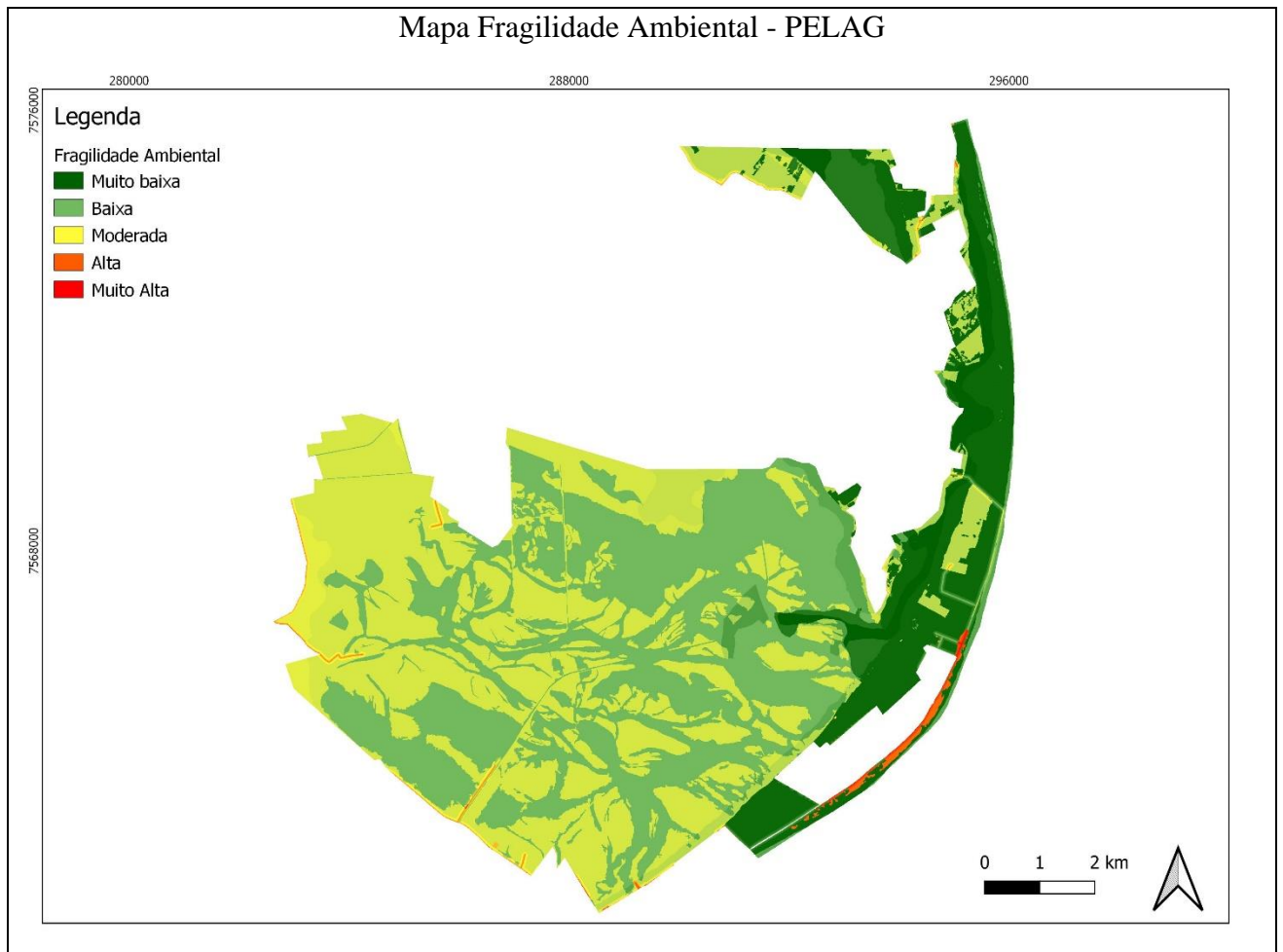


Figura 18 – Mapa de fragilidade ambiental do PELAG. Fonte: Próprio autor.

O mapa de fragilidade ambiental demonstrou que a maior parte da área do PELAG encontra-se com fragilidade moderada a baixa. Essas áreas são onde ocorre ocupação do solo por atividades agropecuárias.

As áreas cobertas por vegetação nativa e ocupadas por lagoas apresentaram fragilidade ambiental de baixa a média. Entretanto, mesmo que sejam conservadas, tais áreas também devem possuir gerenciamento adequado para que ações antrópicas não venham a degradar esses locais. A mesma situação foi verificada por Dias & Silva (2014) na Serra das Onças, porém o ecossistema apontado foi de Manguezal, sendo este ambiente muito frágil, o que também demanda atenção em função de possíveis ações antrópicas futuras.



As áreas alagadas apresentaram fragilidade ambiental baixa, isso ocorre porque a biodiversidade do ecossistema de uma área alagada é inferior ao comparado com o ecossistema completo de uma lagoa

A área mais crítica do PELAG foi a área ocupada pela Casuarina, tendo em vista ser uma espécie muito agressiva que pode afetar outras formas de vidas do Parque. O controle dessa espécie é difícil, seu material lenhoso é rígido, o que dificulta o corte. Outra questão importante acerca de espécies exóticas no PELAG que pode ser avaliada é o possível impacto causado pela fauna advinda dos navios que atracam no Porto do Açú.

As áreas próximas às vias, principalmente as que distam 5 metros, apresentaram fragilidade ambiental moderada, algumas estão situadas próximas em área coberta por vegetação, podendo agravar o efeito de borda dos fragmentos florestais, conforme supramencionado.

Um fator interessante na sobreposição dos mapas é que locais sobrepostos por vias e casuarinas, mostraram-se com fragilidade muito alta, já os com sobreposição entre queimada e atividade agropecuária, apresentaram atividade alta. Cavalcante *et al.* (2010) constataram através de uma pesquisa realizada no Parque Estadual de Sumaúma que os locais com maior nível de vulnerabilidade ambiental encontram-se próximo às trilhas e limite do Parque, e que tais trilhas agravam o efeito de borda na vegetação ali existente.

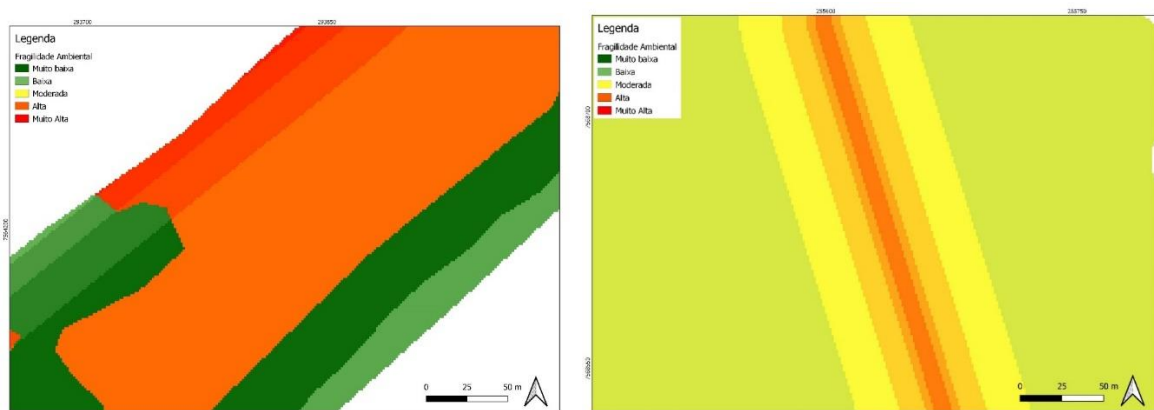


Figura 19 – Destaque do mapa de fragilidade ambiental para as áreas coberta por exóticas e dispostas por vias. Fonte: Próprio Autor.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise cartográfica aliada ao uso da metodologia de tomada de decisão AHP se mostrou bastante eficaz para mapeamento da fragilidade ambiental das áreas objetos de estudo.

Através do diálogo com os gestores das duas UCs, aliado ao levantamento bibliográfico e às bases cartográficas geradas e existentes, foi possível realizar um diagnóstico das principais ameaças da EEEG e PELAG, e com isso definir e abordar acerca dos critérios estabelecidos.

Foi possível observar que apesar das duas áreas serem litorâneas, suas realidades são bem diferentes. Por um lado, a EEEG que é mais preservada e possui menos problemas de conflitos sociais, porém apresenta uma preocupação séria com o risco de incêndio. E de outro lado o PELAG que possui grandes conflitos relacionado ao acesso da população ao Parque, principalmente em época de verão, e uma problemática expressiva com a presença da Casuarina.

O presente modelo propiciou a identificação de áreas susceptíveis a degradação ambiental, bem como de áreas preservadas que se encontram próximas à áreas que podem acarretar risco ao local.

A presente metodologia não exige a necessidade de levantamentos de campos com profissionais qualificados, mas permite que a análise da realidade com base em levantamentos cartográficos, o que reduz o tempo gasto em tais análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKGUN, A.; KINCAL, C.; PRADHAN, B. Application of remote sensing data and GIS for landslide risk assessment as an environmental threat to Izmir city (west Turkey). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 9, p. 5453–5470, set. 2012.
- Almeida, Eduarda Mendes de et al. Efeito de agrotóxicos sobre a fisiologia e anatomia de olerícolas produzidas no agreste e leste alagoanos comparando sistemas convencionais e orgânicos. 2020.
- Amorim, J. M. R. D. C. (2014). *Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão multicritério* (Doctoral dissertation).
- Arantes NETO, Aluísio Vieira et al. Análise Das Alternativas De Gestão De Esgoto Sanitário Em Condomínios Horizontais Do Município De Rio Verde-Go Mediante Aplicação Do Método AHP. 2021.
- Artmann, M. (2015). Managing urban soil sealing in Munich and Leipzig (Germany)—from a wicked problem to clumsy solutions. *Land Use Policy*, 46, 21-37.
- Barin, Alexandre et al. Seleção de fontes alternativas de geração distribuída utilizando uma análise multicriterial baseada no método AHP e na lógica fuzzy. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 21, p. 477-486, 2010.
- Berger, M. V. S., Silva, M. D., & Saldanha, J. C. S. (2007). Análise de vulnerabilidade da RPPN Cafundó. *Geomática e análise ambiental*. Vitória, ES: EDUFES, 32-46.
- Borges, Luiz Fernando Dos Santos et al. Impactos ambientais e sociais causados pela queima da cana-de-açúcar. **Monumenta-Revista Científica Multidisciplinar UNIBF**, v. 1, n. 1, p. 73-83, 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal nº 12.651 - Código Florestal**, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial Brasília, DF, mai. 2012. Seção 01, p. 01.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal nº 9.985 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)**, de 18 de Julho de 2000. Diário Oficial, Brasília, DF, jul. 2007. Seção 01, p. 01.
- Câmara, Gilberto; Casanova, Marco A.; Magalhães, Geovane C. Anatomia de sistemas de informação geográfica. 1996.
- Cardoso, O. R. et al. Análise de fragilidade ambiental na bacia do rio Pardo-RS, frente à instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 507-522, 2015.
- Cavalcante, D. G., Pinheiro, E. S., Macedo, M. D., Martinot, J. F., Nascimento, A. Z. A., & Marques, J. P. C. (2010). Análise da vulnerabilidade ambiental de um fragmento florestal urbano na Amazônia: Parque Estadual Sumaúma. *Sociedade & Natureza*, 22(2), 391-403.
- Choudhary, K., Boori, M. S., & Kupriyanov, A. (2018). Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(2), 139-147.

- Choudhary, K., Boori, M. S., & Kupriyanov, A. (2018). Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(2), 139-147.
- Colombo, A. F., & Joly, C. A. (2010). “Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change.” *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 697-708.
- Colombo, A. F., & Joly, C. A. (2010). “Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change.” *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 697-708.
- Costanza, R., D'ARGE, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., VAN DEN BELT, M., 1998. The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecological Economics* 25, 67-72.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Hernandez, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: SAE/INPE. 2001.
- Cruz, Michelle Barbeiro da et al. Capim-colonião e seus efeitos sobre o crescimento inicial de clones de *Eucalyptus × urograndis*. *Ciência Florestal*, v. 20, p. 391-401, 2010.
- Da Cruz, Claudinei et al. Eficácia de herbicidas para controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) em pós-emergência. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade**. 2019.
- Da Silva, Antonio Soares et al. Influência Do Pisoteio Do Gado Na Alteração Das Propriedades Físicas De Horizontes Superficiais Em Santo Antônio De Pádua. **Geo UERJ**, n. 35, 2019.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408.
- Dean, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- Dias, V. S. B., & da Silva, A. D. B. (2014). AHP na modelagem da vulnerabilidade ambiental do mini corredor ecológico serra das onças (BA). *Revista Brasileira de Cartografia*, 6(66/6).
- Dias, V. S. B., & da Silva, A. D. B. (2014). AHP na modelagem da vulnerabilidade ambiental do mini corredor ecológico serra das onças (BA). *Revista Brasileira de Cartografia*, 6(66/6).
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : 2018.
- Facchinelli, A.; Sacchi, E.; Mallen, L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. **Environmental Pollution**, v. 114, n. 3, p. 313–324, out. 2001.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehergott, M. (2016). Multiple criteria decision analysis : state of the art surveys. New York: Springer.

- Galindo Leal, C.; Câmara, I. DE G. (EDS.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press, 2003.
- Gobbo, Sâmia et al. Uso da terra no entorno do PARNA-Caparaó: preocupação com incêndios florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 350-361, 2016.
- Gomes, R. L. (2013). Avaliação da fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Almada. *Boletim de Geografia*, 31(3), 41-53.
- Haesbaert, R. O mito da desterritorialização: do “Fins dos Territórios” à multiterritorialidade. 3ª Ed. Rio de Janeiro, Bertrand, 2007
- Hammond, J. S.; Keeney, R. L.; Raiffa, H. **Smart choices: a practical guide to making better life decisions**. 1. Broadway Books trade paperback ed ed. New York, NY: Broadway Books, 2002.
- Kawakubo, F. S.; Morato, R. G.; Campos, K. C.; Luchiari, A.; Ross, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 12, 16 a 21 de abril 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. pp. 2203-2210.
- Knupp, Andrielly Moutinho. Desempenho de um sistema composto por um filtro anaeróbico e um wetland horizontal na produção de água para reúso predial a partir de água cinza clara. 2013.
- Lima, S. T., & de Souza, J. B. (2008). O geoprocessamento aplicado na identificação de áreas com susceptibilidade a movimento de massas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte–MG. *e-Scientia*, 1(1).
- Marchezetti, Ana Lúcia; Kaviski, Eloy; Braga, Maria Cristina Borga. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 173-187, 2011.
- Marques LM, Lopes LAA. Pluriatividade na mesorregião metropolitana de Curitiba. *Revista Paranaense de Desenvolvimento* 2007; 28(113): 147-174.
- MMA. (2000) “Avaliação e Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica campos sulinos. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade de Florestas, SBF, 40.
- Prudente TD, Rosa R. Detecção de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno. *Caminhos de Geografia* 2010; 11(35): 209-221.
- Ramos, M. C., Nacci, S., & Pla, I. (2000). Soil sealing and its influence on erosion rates for some soils in the Mediterranean area. *Soil Science*, 165(5), 398-403.
- ROSS, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do departamento de geografia*, 8, 63-74.
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do departamento de geografia*, 8, 63-74.
- Saaty, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, New York, v. 15, p. 234-281, 1977.

Santos, R. F.(2004) Planejamento ambiental: teoria e prática. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 184 p.

SOS MA; INPE - FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Período 2018- 2019. Relatório Técnico. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br>>. Acesso em: 30 de novembro de 2020.

SOS MA; INPE – Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica: Período 2008-2010. São Paulo: 2011. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/atlasrelatoriofinal.pdf>. Acesso em: 30 de novembro de 2020.

Teixeira, J. C. (2005). Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. Revista Eletrônica AGB-TL, 1(2), 21-42.

TRICART, J. Ecodinâmica. IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

Van Westen, C. J.; Castellanos, E.; Kuriakose, S. L. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3–4, p. 112–131, dez. 2008.

Varjabedian, R. Lei da Mata Atlântica: Retrocesso ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 147–160, 2010.

Zimmermann, Thalita Gabriella. **Potencial de Invasão das Restingas por Casuarina equisetifolia L.: Fatores que Limitam a Regeneração da Vegetação**. 2016. Tese de Doutorado. Tese 192 f., Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.