

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, TURISMO E HUMANIDADES  
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

Vinícius Bianco Fogaça de Almeida

FRAGILIDADE AMBIENTAL NAS ÁREAS PERIURBANAS DE SOROCABA: ANÁLISE DAS  
MUDANÇAS NO USO DA TERRA ENTRE 2016 E 2022

Sorocaba

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, TURISMO E HUMANIDADES  
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

Vinícius Bianco Fogaça de Almeida

FRAGILIDADE AMBIENTAL NAS ÁREAS PERIURBANAS DE SOROCABA: ANÁLISE DAS  
MUDANÇAS NO USO DA TERRA ENTRE 2016 E 2022

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação de  
Licenciatura em Geografia da  
Universidade Federal de São Carlos  
*campus* Sorocaba.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Roberto  
Martines

Sorocaba

2024

FICHA DE APROVAÇÃO

Vinícius Bianco Fogaça de Almeida

FRAGILIDADE AMBIENTAL NAS ÁREAS PERIURBANAS DE SOROCABA: ANÁLISE DAS  
MUDANÇAS NO USO DA TERRA ENTRE 2016 E 2022

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Graduação em Geografia, para  
obtenção do título de Licenciatura em Geografia. Universidade Federal de São Carlos.  
Sorocaba, 25 de Novembro de 2024.

Orientador

---

Prof. Dr. Marcos Roberto Martines

Universidade Federal de São Carlos, campus  
Sorocaba

Examinadora

---

Prof. Dr. Edelci Nunes da Silva

Universidade Federal de São Carlos, campus  
Sorocaba

Examinador

---

Prof. Bruno das Mercês Silva

Faculdade de Direito de Itu

## **AGRADECIMENTOS**

Até a finalização deste trabalho passei por diversos desafios que colocaram à prova todo o meu conhecimento geográfico, pensamento lógico e determinação para não abandonar o projeto por medo de falhas e perfeccionismo autoimposto. Nesse percurso, muitas pessoas foram importantes para que esse trabalho fosse finalizado com a qualidade que prezo.

Primeiramente, agradeço aos meus pais por sempre depositarem sua fé e confiança para todas as coisas que sempre desejei fazer, principalmente por abrir as portas do mundo e fomentar minha curiosidade em buscar o desconhecido e o novo, jamais me prendendo em ilusões ou em qualquer tipo de frustração, estando sempre ao meu lado para me motivar e me apoiar em minhas decisões.

Agradeço a meus professores do ensino fundamental e médio, já que sem eles eu não teria a coragem e a vontade de exercer a profissão que tanto me foi cativada pela excelência e profissionalismo que exerceram em sala de aula, me apoiando mesmo com todas as adversidades e dificuldades que passei em suas matérias, onde jamais deixaram de acreditar e me apoiar.

Agradeço a meus professores do ensino superior por me apresentarem o mundo geográfico e por guiarem minha curiosidade da melhor forma possível, em meio a tantas adversidades que enfrentamos desde meu primeiro semestre até o período da minha graduação, já que todos os desafios valeram a pena, de forma que minha forma de pensar, meu pensamento crítico e minha visão de mundo foram totalmente definidas graças aos ensinamentos de todos os professores que pude ter o privilégio de participar de suas aulas. Com um destaque para o professor Marcos Martines, com quem tive o privilégio de realizar este Trabalho de Conclusão de Curso e por me ensinar muito mais do que poderia pedir e muito além de apenas o conhecimento geográfico.

Agradeço aos meus amigos que fiz nesse percurso acadêmico, por todo o apoio, camaradagem, risadas e sufoco que passamos juntos. Apreendi muito sobre companheirismo e profissionalismo com todos, assim como devo minha gratidão à vários por me ajudarem em momentos de pressão e de necessidades, onde tive apoio de pessoas que tenho certeza que posso cativar nossa amizade por muito tempo.

Por fim, agradeço aos meus melhores amigos pela irmandade e amizade que cultivamos por todos esses anos, pelo apoio e parceria sincera que fomentamos desde o ensino fundamental, assim pelos momentos incríveis que já passamos juntos e que tenho certeza que ainda iremos ter com cada um desenvolvendo sua vida futura e conquistando novos sucessos e novas conquistas em suas vidas.

## **RESUMO**

Esta pesquisa analisa a fragilidade ambiental nas áreas periurbanas de Sorocaba entre 2016 e 2022, visando identificar e categorizar áreas de vulnerabilidade em função da expansão urbana. A metodologia empregou a classificação de variáveis ambientais, como pedologia, geologia, declividade e uso da terra, aplicando pesos para determinar classes de fragilidade, conforme adaptado do modelo de Ross. O estudo gerou mapas comparativos dos níveis de fragilidade para os anos analisados, demonstrando uma redução das áreas de baixa fragilidade e um aumento das de média e alta vulnerabilidade. Esse mapeamento possibilita subsidiar decisões de planejamento urbano, alertando para a importância de preservar áreas com alto potencial de resiliência ambiental.

**Palavras-chave:** fragilidade ambiental; cobertura e uso da terra; urbanização; periurbano.

## **ABSTRACT**

This research analyzes environmental vulnerability in the periurban areas of Sorocaba between 2016 and 2022, aiming to identify and categorize vulnerable areas due to urban expansion. The methodology employed the classification of environmental variables, such as pedology, geology, slope, and land use, applying weights to determine vulnerability classes, as adapted from Ross's model. The study generated comparative maps of vulnerability levels for the analyzed years, demonstrating a reduction in low-vulnerability areas and an increase in medium- and high-vulnerability zones. This mapping supports urban planning decisions, highlighting the importance of preserving areas with high potential for environmental resilience

**Keywords:** environmental vulnerability; land cover; land use; urbanization; periurban.

## Lista de Figuras

Figura 1. Etapas do Desenvolvimento da Pesquisa	6
Figura 2 Área de estudo, Setores Censitários Rurais de Sorocaba, 2010	7
Figura 3 Mapa Pedológico das áreas Periurbanas de Sorocaba	9
Figura 4 Mapa Geológico das áreas Periurbanas de Sorocaba	11
Figura 5 Mapa de Declividade das áreas Periurbanas de Sorocaba	13
Figura 6 Mapa de Cobertura e Uso da Terra das áreas de Periurbano de Sorocaba do ano de 2016	15
Figura 7 Mapa de Cobertura e Uso da Terra das áreas de Periurbano de Sorocaba do ano de 2022	16
Figura 8 Área Total da Fragilidade Ambiental Periurbana	23
Figura 9 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 608	33
Figura 10 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 609 nos anos de 2016 e 2022.	40
Figura 11 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 610 nos anos de 2016 e 2022	47
Figura 12 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 611 nos anos de 2016 e 2022	55
Figura 13 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 612 nos anos de 2016 e 2022.	60
Figura 14 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 613 nos anos de 2016 e 2022.	67
Figura 15 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 613 nos anos de 2016 e 2022.	74
Figura 16 Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 613 nos anos de 2016 e 2022.	81
Figura 17 Cluster de Cobertura e Uso da Terra dos setores censitários para os anos 2016 e 2022.	88
Figura 18 Agrupamento dos setores censitários por similaridade com relação ao tipo de cobertura e uso da terra para os anos de 2016 e 2022	89
Figura 19 Cluster de Vulnerabilidade Ambiental dos setores censitários para os anos 2016 e 2022	90

Figura 20 Agrupamento dos setores censitários por similaridade com relação ao nível de Vulnerabilidade Ambiental para os anos de 2016 e 2022. 91

### Lista de Tabelas

Tabela 1 Setores Censitários Rurais, 2010	8
Tabela 2 Atributos Pedológicos das áreas Periurbanas de Sorocaba	10
Tabela 3 Atributos Geológicos das áreas Periurbanas de Sorocaba	11
Tabela 4 Atributos de Declividade das áreas Periurbanas de Sorocaba	13
Tabela 5 Atributos de Cobertura e Uso da Terra dos anos de 2016 e 2022 das áreas de Periurbano de Sorocaba	17
Tabela 6 Análise qualitativa/quantitativa para as variáveis ambientais.	19
Tabela 7 Níveis de Fragilidade para a Área Periurbana Total	24
Tabela 8 Atributos de Uso e Cobertura da Terra para os anos de 2016 e 2022	28
Tabela 9 Desenvolvimento dos parâmetros de Fragilidade do Setor 608 para os anos de 2016 e 2022.	34
Tabela 10 Parâmetros do desenvolvimento do tipo de Uso e Cobertura da Terra do Setor 608 para os anos de 2016 e 2022	37
Tabela 11 Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 609 para os anos de 2016 e 2022.	41
Tabela 12 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 609 para os anos de 2016 e 2022.	44
Tabela 13 Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 610 para os anos de 2016 e 2022.	49
Tabela 14 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 610 para os anos de 2016 e 2022	52
Tabela 15 Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 611 para os anos de 2016 e 2022.	56
Tabela 16 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 611 para os anos de 2016 e 2022.	58
Tabela 17 Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 612 para os anos de 2016 e 2022.	62
Tabela 18 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 612 para os anos de 2016 e 2022.	65
Tabela 19 Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 613 para os anos de 2016 e 2022.	69

Tabela 20 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 613 para os anos de 2016 e 2022	71
Tabela 21 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 614 para os anos de 2016 e 2022.	78
Tabela 22 Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 615 para os anos de 2016 e 2022	83
Tabela 23 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 615 para os anos de 2016 e 2022.	85

## Lista de Gráfico

Gráfico 1 Fragilidade Ambiental das Áreas Totais Periurbanas	25
Gráfico 2 Atributos de Uso e Cobertura da Terra das áreas Periurbanas dos anos de 2016 e 2022.	31
Gráfico 3 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental para o setor 608 para os anos de 2016 e 2022	35
Gráfico 4 Desenvolvimentos dos tipos de Uso e Cobertura da Terra do Setor 608 para os anos de 2016 e 2022	39
Gráfico 5 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 609 nos anos de 2016 e 2022	42
Gráfico 6 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 609 para os anos de 2016 e 2022	46
Gráfico 7 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 610 nos anos de 2016 e 2022	50
Gráfico 8 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 610 para os anos de 2016 e 2022.	54
Gráfico 9 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 611 nos anos de 2016 e 2022.	57
Gráfico 10 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 611 para os anos de 2016 e 2022.	59
Gráfico 11 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 612 nos anos de 2016 e 2022.	63
Gráfico 12 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 612 para os anos de 2016 e 2022.	66
Gráfico 13 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 613 nos anos de 2016 e 2022.	70
Gráfico 14 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 613 para os anos de 2016 e 2022.	73
Gráfico 15 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 614 nos anos de 2016 e 2022.	77
Gráfico 16 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 614 para os anos de 2016 e 2022.	80

Gráfico 17 Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 614 nos anos de 2016 e 2022. 84

Gráfico 18 Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 615 para os anos de 2016 e 2022. 87

## SUMÁRIO

### Conteúdo

#### Conteúdo

1. Introdução .....	1
2. Objetivos Gerais .....	4
2.1 Objetivos Específicos .....	4
3. Materiais e Métodos .....	5
3.1 Seleção da área de Estudo.....	6
3.2 Pedologia .....	8
3.3 Geologia.....	10
3.4 Declividade .....	12
3.5 Cobertura e Uso da Terra .....	14
3.6 Elaboração do Mapeamento da Fragilidade .....	17
3.7 Padronização dos Mapas.....	17
3.8 Análise dos Dados.....	19
4. Resultados .....	20
5. Conclusão .....	98
Referências Bibliográficas.....	99

## 1. Introdução

As décadas de 1960 e 1970 são marcadas pelo crescimento dos movimentos ambientalistas no mundo e neste contexto emerge o conceito de "Planejamento Ambiental" (CARDOSO, 2008), que foi uma resposta aos impactos ambientais negativos resultantes do desenvolvimento industrial e urbano acelerado que elevou os níveis de poluição do ar, da água e do solo, desmatamento indiscriminado e degradação dos ecossistemas naturais que marcam esse período (CASTRO & ALVIM, 2019). Esses movimentos levaram à conscientização da importância de proteger e preservar o meio ambiente, bem como à necessidade de considerar os aspectos ambientais no planejamento e desenvolvimento das atividades humanas (NÆSS, 2001).

Nesse período, a sociedade começou a reconhecer que o crescimento econômico não poderia se sustentar sem considerar seu impacto ambiental (OLIVEIRA, 2019). Isso marcou uma mudança significativa em como os países abordaram o desenvolvimento, resultando na realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, em 1972 (URTEAGA, 2008). Este evento foi fundamental para colocar as questões ambientais no cenário internacional e estimular a criação de políticas e regulamentações ambientais em nível global (STEFFEN et al., 2020).

A partir de então, o Planejamento Ambiental passou a ser visto como uma método analítico essencial para o desenvolvimento sustentável, integrando aspectos ambientais na tomada de decisões e no planejamento de projetos em diferentes setores (OCTPOM, 2009). Esse movimento também inspirou a criação de leis, agências e ministérios ambientais em diversos países, além de influenciar o surgimento de cursos universitários direcionados a estudos ambientais e sustentabilidade (WILBANKS, 1994).

No Brasil, o planejamento ambiental acompanhou esse cenário internacional dos anos 60 e início dos 70 que influenciou significativamente as políticas e ações brasileiras nesta área (GARCIA et al., 2010). O reconhecimento da importância da preservação ambiental ganhou destaque com a criação de diversas leis, agências e instituições dedicadas à questão ambiental (OLIVEIRA & SILVA, 2016).

Assim, o desenvolvimento do planejamento ambiental brasileiro foi marcado por uma série de avanços legislativos e institucionais que buscavam regulamentar a relação entre desenvolvimento e meio ambiente (CÂMARA, 2013). Fatos ligados a esse processo são a criação da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981, que foi um marco regulatório que estabeleceu os princípios para a conservação, a recuperação e a otimização dos recursos ambientais com vistas ao desenvolvimento sustentável (CARVALHO, 1994).

Ao longo dos anos, o Brasil enfrentou desafios significativos relacionados ao desmatamento, especialmente na Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado, à poluição das grandes cidades e à necessidade de promover um desenvolvimento que não comprometesse as gerações futuras (OBERLING et al., 2013). Em resposta a esses desafios, a década de 1990 foi marcada pelo fortalecimento das políticas ambientais, culminando na criação do Ministério do Meio Ambiente em 1992 (NAIME, 2012). Desde então, o planejamento ambiental no país tem buscado integrar as dimensões socioeconômicas e ambientais na formulação e implementação de políticas públicas (ROHRICH, 2011). Portanto, a preocupação com a sustentabilidade passou a orientar diversos setores, desde a gestão de recursos naturais até o planejamento urbano, refletindo um esforço contínuo para harmonizar o crescimento econômico com a preservação ambiental (WILBANKS, 1994).

Apesar desses processos, o planejamento ambiental brasileiro continua enfrentando desafios, incluindo a necessidade de maior integração entre as políticas públicas, aprimoramento das ferramentas de gestão territorial e enfrentamento das questões relativas às mudanças climáticas (GOMES & ESPÍNDOLA, 2007). Esses desafios requerem uma abordagem multidisciplinar e a participação ativa de todos os segmentos da sociedade, com vistas a promover um desenvolvimento verdadeiramente sustentável (ALBUQUERQUE et al., 2021)

A Teoria do Geossistemas, enquanto conceito integrador que articula a relação entre os componentes físicos, biológicos e sociais do ambiente, se mostra cada vez mais central nesse cenário (LAUTENBACHER, 2006). Ela pode fornecer a base teórica para a identificação e análise das vulnerabilidades e potencialidades do território, orientando as decisões de planejamento e gestão

ambiental do país em direção a um futuro mais sustentável e resiliente (ALMEIDA, 2022).

Portanto, por meio da compreensão dos geossistemas, é possível identificar as interações entre os diferentes elementos do ambiente, como o solo, o relevo, a vegetação, a água e o clima, e isso permite uma visão holística e integradora do território, auxiliando na identificação de áreas prioritárias para conservação, recuperação ou uso sustentável (SILVA et al., 2021). Além disso, os geossistemas também são importantes para a análise dos impactos ambientais e das interações entre os diferentes setores da sociedade (BRILHA et al., 2018).

No contexto do Planejamento Ambiental a análise da fragilidade ambiental urbana refere-se à vulnerabilidade e sensibilidade das áreas urbanas aos impactos ambientais negativos (YE et al., 2010). Isso inclui a exposição das áreas urbanas a riscos naturais, como inundações e deslizamentos de terra, bem como a degradação ambiental causada pelas atividades humanas como a expansão urbana descontrolada, poluição do ar e da água, desmatamento de áreas verdes e perda de biodiversidade (SILVA et al., 2021). Assim, dentro de uma abordagem de planejamento ambiental utiliza-se a análise da fragilidade ambiental urbana para identificar áreas que estão mais expostas a esses riscos e impactos ambientais e, dessa forma, identificar áreas críticas, estabelecer medidas de prevenção, mitigação e recuperação que visam proteger e melhorar a qualidade ambiental dessas áreas (CHRYSOULAKIS et al., 2014).

A avaliação da fragilidade ambiental urbana utiliza-se de diferentes métodos, conforme destacado por Crepani et al. (2001) que a fragilidade ambiental urbana pode ser avaliada por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como o uso de imagens de satélite para mapear e analisar a ocupação do solo, os limites urbanos, a presença de áreas verdes e a expansão urbana e para identificar áreas urbanas mais vulneráveis.

No contexto das análises de fragilidade urbana, o caso do município de Sorocaba apresenta alguns aspectos importantes, a cidade tem início no século 17, e desde então vem passando por diferentes ciclos de expansão urbana, sendo de um início de entreposto comercial durante o ciclo do ouro e algodão à chegada da Estrada de Ferro que impulsionou o transporte de mercadorias entre

o interior e litoral, seguido pelas atividades econômicas, como a agricultura e a indústria, que desempenharam um papel importante no processo de crescimento urbano de Sorocaba, e a agricultura, principalmente a produção de café, impulsionou o desenvolvimento econômico e atraiu imigrantes que contribuíram para o crescimento populacional e urbano da cidade, além disso, a industrialização no século XX trouxe novas oportunidades de emprego e impulsionou ainda mais o crescimento urbano de Sorocaba (SANTANA-CHAVES et al., 2021).

Assim, século XX, Sorocaba se destacou pela sua capacidade de atrair investimentos industriais, característica que se consolidou com a criação de distritos industriais estrategicamente localizados, facilitando o escoamento da produção e a integração com outras regiões e atualmente, Sorocaba enfrenta os desafios típicos de uma cidade em contínua expansão, como a necessidade de aprimoramento das políticas habitacionais para combater o déficit de moradia e a especulação imobiliária, bem como de garantir a sustentabilidade ambiental frente ao avanço da urbanização (MEIRA, 2006).

Neste contexto, emerge a pergunta, qual a atual fragilidade ambiental das áreas de expansão da cidade de Sorocaba? Para responder a esse questionamento, essa pesquisa busca identificar e caracterizar as áreas de expansão urbanas de Sorocaba utilizando para isso o desenvolvimento de um indicador de fragilidade ambiental nas áreas de expansão.

## **2. Objetivos Gerais**

Analisar a fragilidade ambiental das áreas periurbanas do município de Sorocaba entre os anos de 2016 e 2022.

### **2.1 Objetivos Específicos**

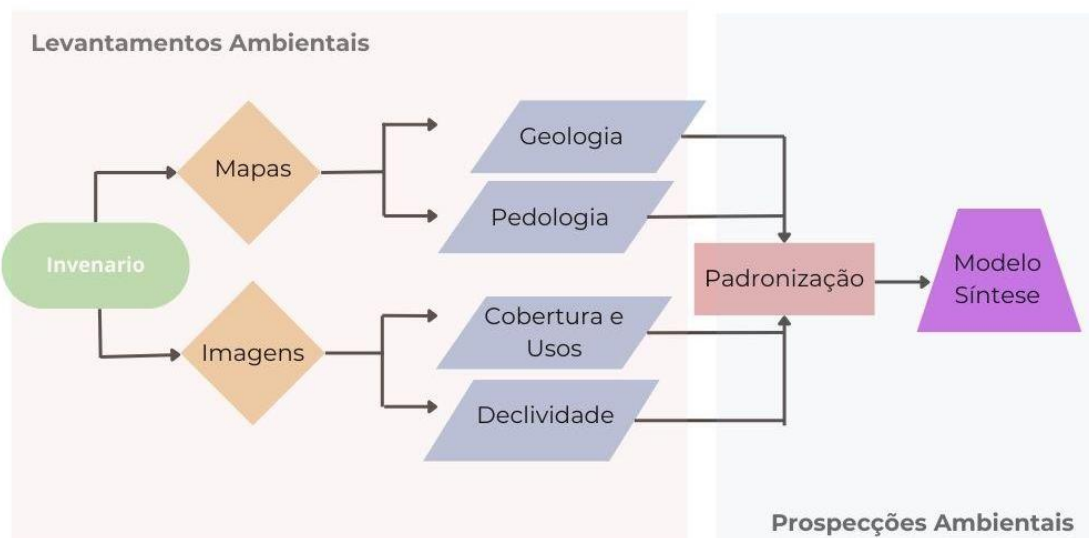
- ✓ Definir as áreas de expansão urbana de Sorocaba
- ✓ Desenvolver um indicador de fragilidade ambiental emergente
- ✓ Identificar e caracterizar os elementos que contribuem para a fragilidade ambiental nessas áreas.

### 3. Materiais e Métodos

De acordo com Martines (2020) umas das primeiras questões colocadas quando se propõe realizar um estudo de caso científico, é a definição da metodologia que será adotada. Ross (1990) esclarece que podemos comparar a metodologia como sendo a “espinha dorsal” de qualquer pesquisa, e que para sua aplicação é necessário o domínio dos conhecimentos teóricos e conceituais. Existem diversas Ciências que já possuem metodologias consagradas, mas no caso de estudos destinados a questões ambientais e de planejamento ambiental ainda não existe um consenso. Santos (2007) apresenta diversas alternativas metodológicas para o desenvolvimento de pesquisas no âmbito do planejamento ambiental, mas como neste estudo a proposta é utilizar o arcabouço dos SIG's aplicado aos diagnósticos ambientais, nós adaptamos a proposta metodológica apresentada por Xavier (2001).

A proposta de Xavier (2001) divide o processo metodológico em duas grandes etapas: (i) os procedimentos referentes à etapa do diagnóstico ambiental, compreendendo a definição de situações existentes e/ou de possível ocorrência; (ii) e os procedimentos de prognose, nos quais são realizadas previsões e simulações ambientais relativas aos problemas ambientais. Neste estudo apresentaremos uma adaptação da fase de diagnóstico ambiental que foi dividida em dois grupos: os Levantamentos Ambientais e as Prospecções Ambientais (**Figura 1**). Nesta pesquisa foi adaptada a metodologia de Ross para avaliação da fragilidade ambiental que consiste em utilizar uma escala de vulnerabilidade e considera diferentes variáveis ambientais, como cobertura vegetal, topografia, solo, hidrografia, clima e uso da terra, essa escala de vulnerabilidade é dividida em diferentes classes, que representam níveis de fragilidade ambiental emergente (ROSS, 2012). Essas classes são determinadas com base na importância relativa de cada variável na determinação da fragilidade ambiental.

**Figura 1.** Etapas do Desenvolvimento da Pesquisa



Fonte: Adaptado de Martines, 2020

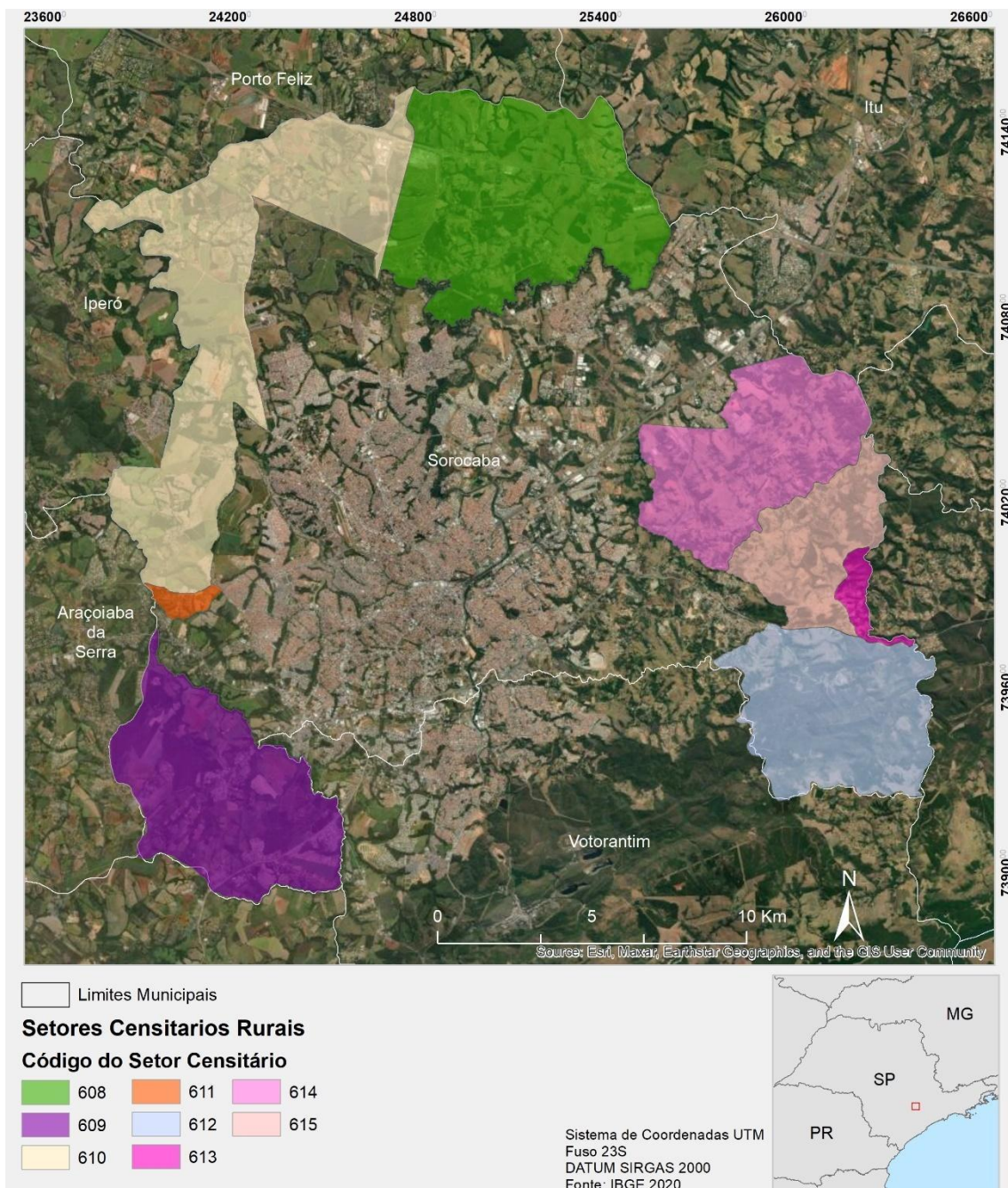
### 3.1 Seleção da área de Estudo

Como critério de seleção de áreas de estudo, buscou-se identificar locais que possam estar expostas as áreas caracterizadas de transição entre o ambiente rural e o urbano, portanto, apresentando um mosaico com a presença de atividades agrícolas, como cultivo de hortaliças e criação de animais, ao lado de infraestruturas urbanas, como moradias, escolas e comércios e com algum nível de fragmentos ambientais. As áreas periurbanas possuem como característica ser uma zona de transição e interação de atividades rurais e urbanas, tendo uma tendência a uma rápida mudança em sua paisagem devido ao avanço descontrolado das zonas urbanas para as rurais, levando assim a grandes transformações em sistemas ecológicos, geomorfológicos, hidrológicos e, principalmente no socioeconômico, estando continuamente ignoradas por suas administrações (DOUGLAS, 2006).

Para a seleção dessa áreas, tomou-se como referência a definição dos setores censitários que são divididos em rurais e urbanos pelo IBGE no censo de 2010, foram selecionadas os tipos de setores 4 - Aglomerado rural de extensão urbana e 8 - Zona rural, exclusive aglomerado rural (IBGE 2010) onde as áreas periurbanas estão inseridas (**Figura 2**). Foram selecionados oito (8) setores censitários rurais que faziam fronteira com os setores urbanos, ao todo a área tem 22.084 ha, porém, a porcentagem de ocupação territorial de cada setor tem bastante variabilidade, tendo o menor setor 0,69% (153 ha) e o maior

com 25,54% (5.640 ha) do território total (**Tabela 1**).

**Figura 2** Área de estudo, Setores Censitários Rurais de Sorocaba, 2010



**Tabela 1** Setores Censitários Rurais, 2010

Código do Setor	Tipo	Área (ha)	%
608	RURAL	4.837	21,90
609	RURAL	3.582	16,22
610	RURAL	5.640	25,54

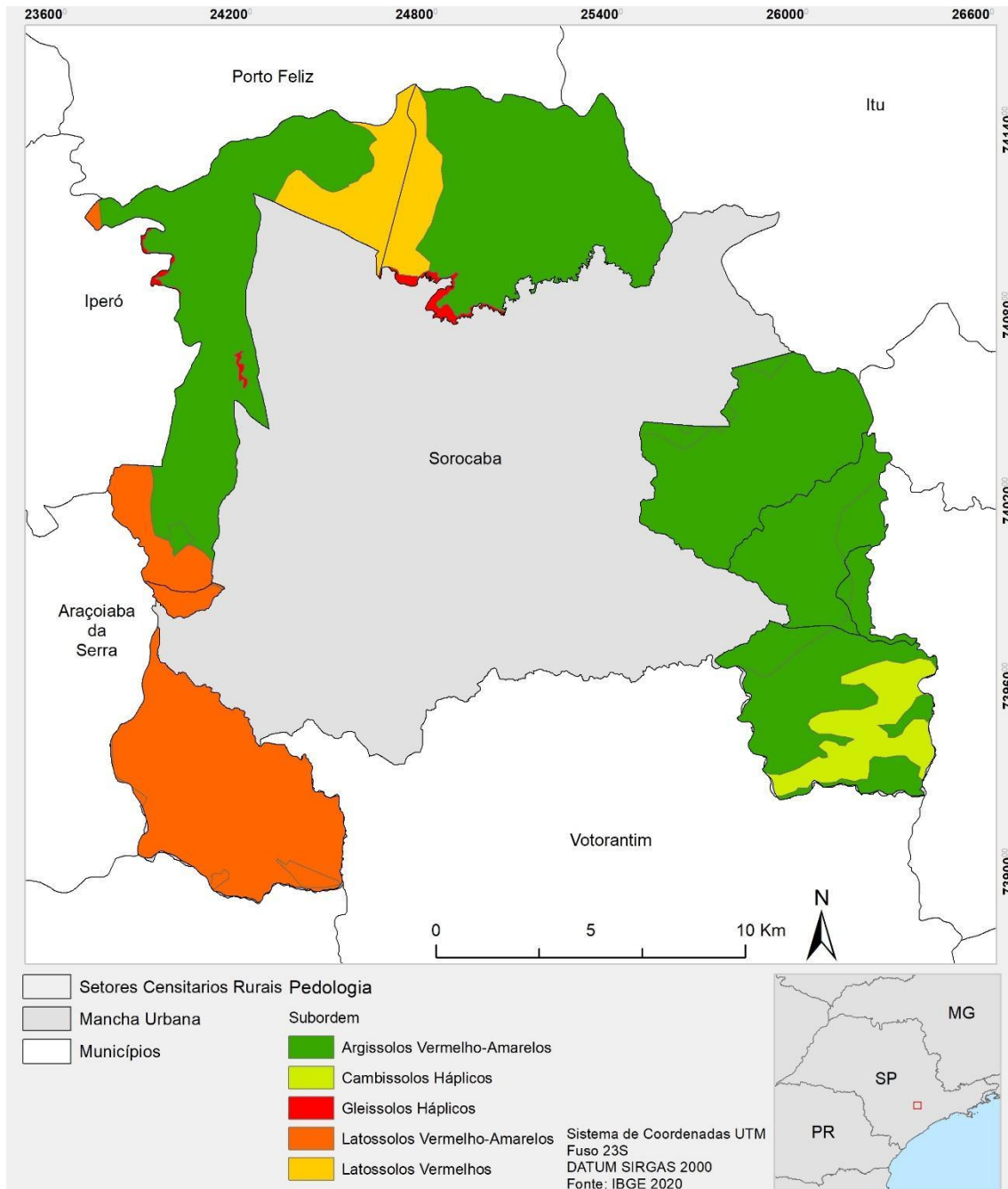
611	RURAL	153	0,69
612	RURAL	2.978	13,49
613	RURAL	243	1,10
614	RURAL	2.995	13,56
615	RURAL	1.656	7,50
<b>Total</b>		<b>22.084</b>	<b>100,00</b>

### 3.2 Pedologia

Foi utilizado como referência o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, produzido por Jurandyr Luciano Sanches Ross (2017). Esse mapa foi elaborado a partir de uma compilação de dados de campo, levantamentos geoespaciais e estudos anteriores, e tem como objetivo fornecer informações detalhadas sobre a distribuição e as características dos solos do estado. Ele é amplamente utilizado em pesquisas acadêmicas e na gestão ambiental. A versão de 2017 foi produzida na escala de 1:250.000, o que permite um detalhamento adequado dos tipos de solo em todo o estado, sem perder a visão regional. O mapa utiliza a Classificação Brasileira de Solos, identificando diversos tipos de solos no estado, como Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos, entre outros. Cada tipo de solo é descrito com base em suas propriedades físicas e químicas, além de suas implicações para o uso agrícola e a preservação ambiental.

Este mapeamento está disponível na plataforma do Instituto Florestal de São Paulo, e a partir desse mapeamento, selecionou-se as características para a área de estudo (**Figura 3**). De forma geral, a área apresenta o predomínio de Argissolos Vermelho-Amarelo (68,07%), que são caracterizados por uma transição clara entre horizontes superficiais e subsuperficiais, sendo a principal característica desses solos é a presença de um horizonte B textural, o que significa que ocorre uma acumulação de argila em profundidade em relação às camadas superiores e Gleissolos Hálicos (0,75%), que são caracterizados principalmente por serem solos saturados por água durante longos períodos, apresentando sinais de redução (falta de oxigênio) devido à presença constante de água, sendo solos com características hidromórficas, ou seja, resultantes de condições de drenagem insuficiente, que provocam um ambiente saturado e mal aerado (EMBRAPA, 2006) (**Tabela 2**).

**Figura 3** Mapa Pedológico das áreas Periurbanas de Sorocaba



**Tabela 2** Atributos Pedológicos das áreas Periurbanas de Sorocaba

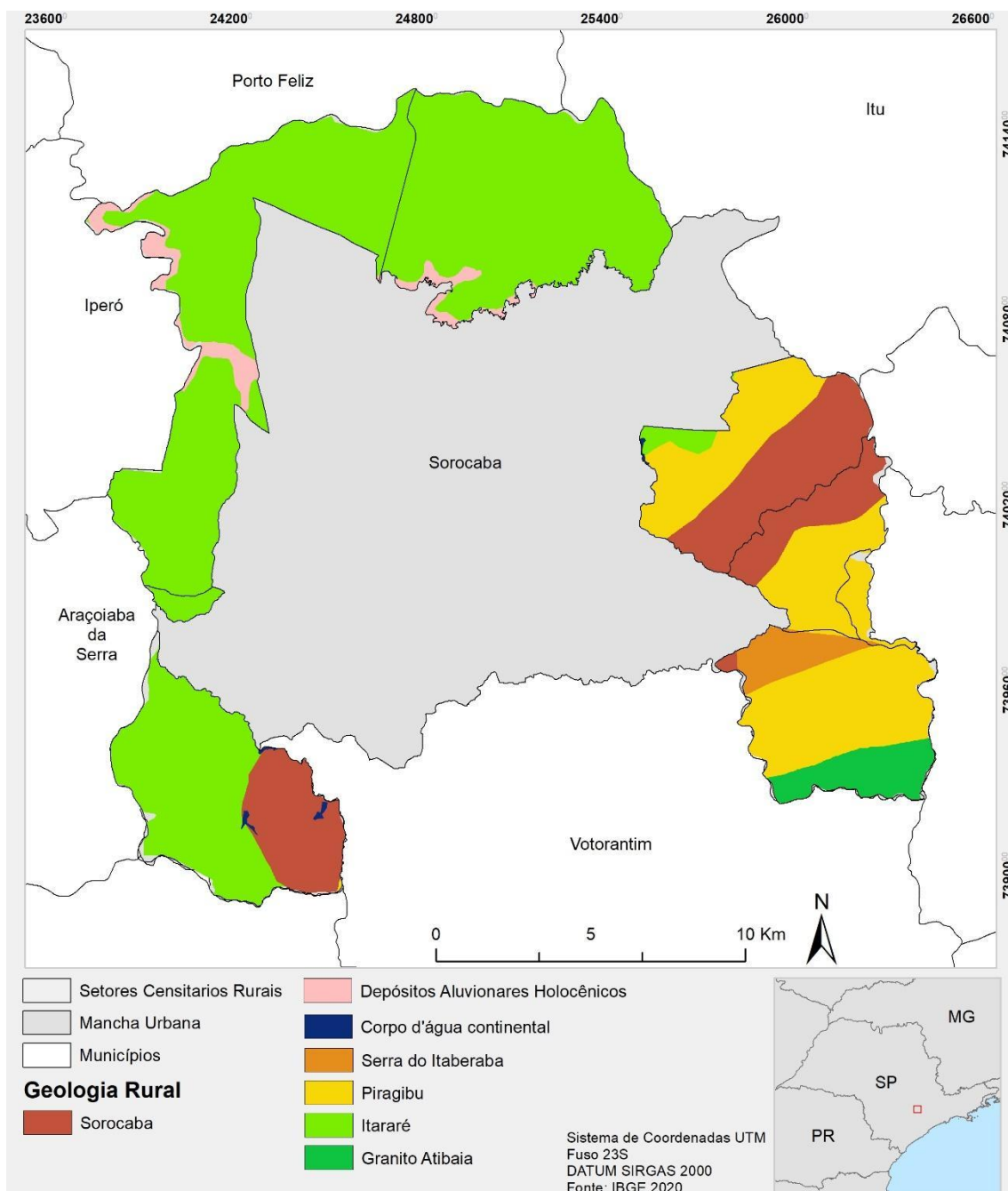
Classe	ha	%
Argissolos Vermelho-Amarelos	15033,8	68,07
Cambissolos Hálicos	1048,2	4,75
Gleissolos Hálicos	166,7	0,75
Latossolos Vermelho-Amarelos	4346,8	19,68

Latossolos Vermelhos	1488,8	6,74
Total	22084,2	100,00

### 3.3 Geologia

Os dados de Geologia foram baseados no Mapeamento Geológico do Brasil, disponível no site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), esse mapa é parte do conjunto de mapas temáticos oferecidos pelo IBGE, e está disponível em diferentes escalas, sendo uma das principais publicações voltadas para a geologia no Brasil. Na área de estudo está disponível mapeamento na escala de 1:250.000. Assim, na área há o predomínio da Formação Itararé (57,56%) que é uma unidade geológica que faz parte do Grupo Tubarão, um conjunto de formações sedimentares de grande importância geológica no sul e sudeste do Brasil (MILANI et al. 1992). Na área encontra-se ainda a o Granito Piracaia, às vezes referido como Granito Piracaia-Piracaibinha ou simplesmente Granito Pirajibu (19,31%) (RIBEIRO & GONÇALVES, 1995) e o Granito Atibaia (2,99%), que é uma formação geológica composta por rochas ígneas do tipo granito, sendo como característica rocha intrusiva (HEINRICH & SUGUIO, 1896) (**Figura 4**).

**Figura 4** Mapa Geológico das áreas Periurbanas de Sorocaba



**Tabela 3** Atributos Geológicos das áreas Periurbanas de Sorocaba

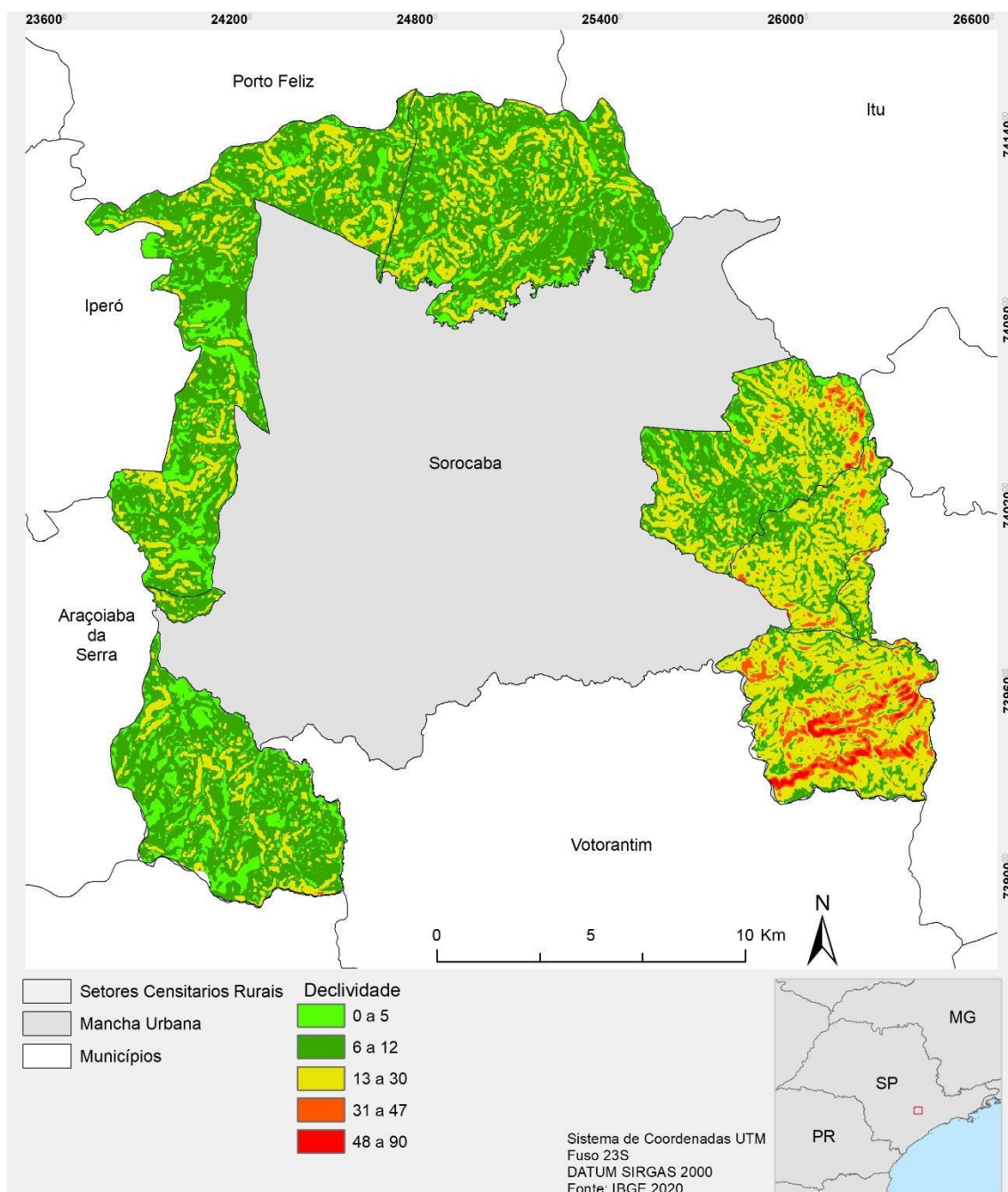
Classe	ha	%
Sorocaba	3340,33	15,30
Depósitos Aluvionares Holocênicos	535,74	2,45
Corpo d'água continental	35,75	0,16
Serra do Itaberaba	484,96	2,22
Granito Atibaia	653,59	2,99
Itararé	12566,11	57,56
Pirajibu	4216,07	19,31
<b>Total</b>	<b>21832,55</b>	<b>100,00</b>

### 3.4 Declividade

Para a elaboração do Mapa de Declividade foi utilizado os dados do Projeto ALOS World 3D (AW3D) que é um Modelo Digital de Elevação (MDE) global, com uma resolução espacial de 30 metros. Ele foi gerado a partir de imagens capturadas pelo satélite japonês ALOS (ADVANCED LAND OBSERVING SATELLITE), também conhecido como DAICHI, lançado pela JAXA (JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY) e utilizou o sensor PRISM (PANCHROMATIC REMOTE-SENSING INSTRUMENT FOR STEREO MAPPING) para gerar o modelo de elevação (TADANO et al. 2014).

A partir deste MDE, os dados foram processando em ambiente SIG para gerar as declividades, esse processamento calcular a inclinação da superfície de um terreno com base em um MDE, sendo que a declividade representa a mudança de elevação sobre uma distância horizontal e é expressa em graus ou como porcentagem (BURROUGH et al., 2015) (**Tabela 4**).

Na área de estudo há uma predomínio de declividade baixas (52,42%) e na porção sudoeste encontra-se as áreas com maior variabilidade (**Figura 5**)

**Figura 5** Mapa de Declividade das áreas Periurbanas de Sorocaba**Tabela 4** Atributos de Declividade das áreas Periurbanas de Sorocaba

Classe	ha	%
1	2633,30	11,98
2	11519,75	52,42
3	7064,10	32,14
4	636,88	2,90
5	122,87	0,56
<b>Total</b>	<b>21976,90</b>	<b>100,00</b>

### 3.5 Cobertura e Uso da Terra

Para os dados da Cobertura e Uso da Terra foram utilizados os disponibilizados pela plataforma MapBioma (coleção 8), que é uma iniciativa que busca mapear a cobertura vegetal e o uso da terra ao longo dos anos, utilizando tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e inteligência artificial.

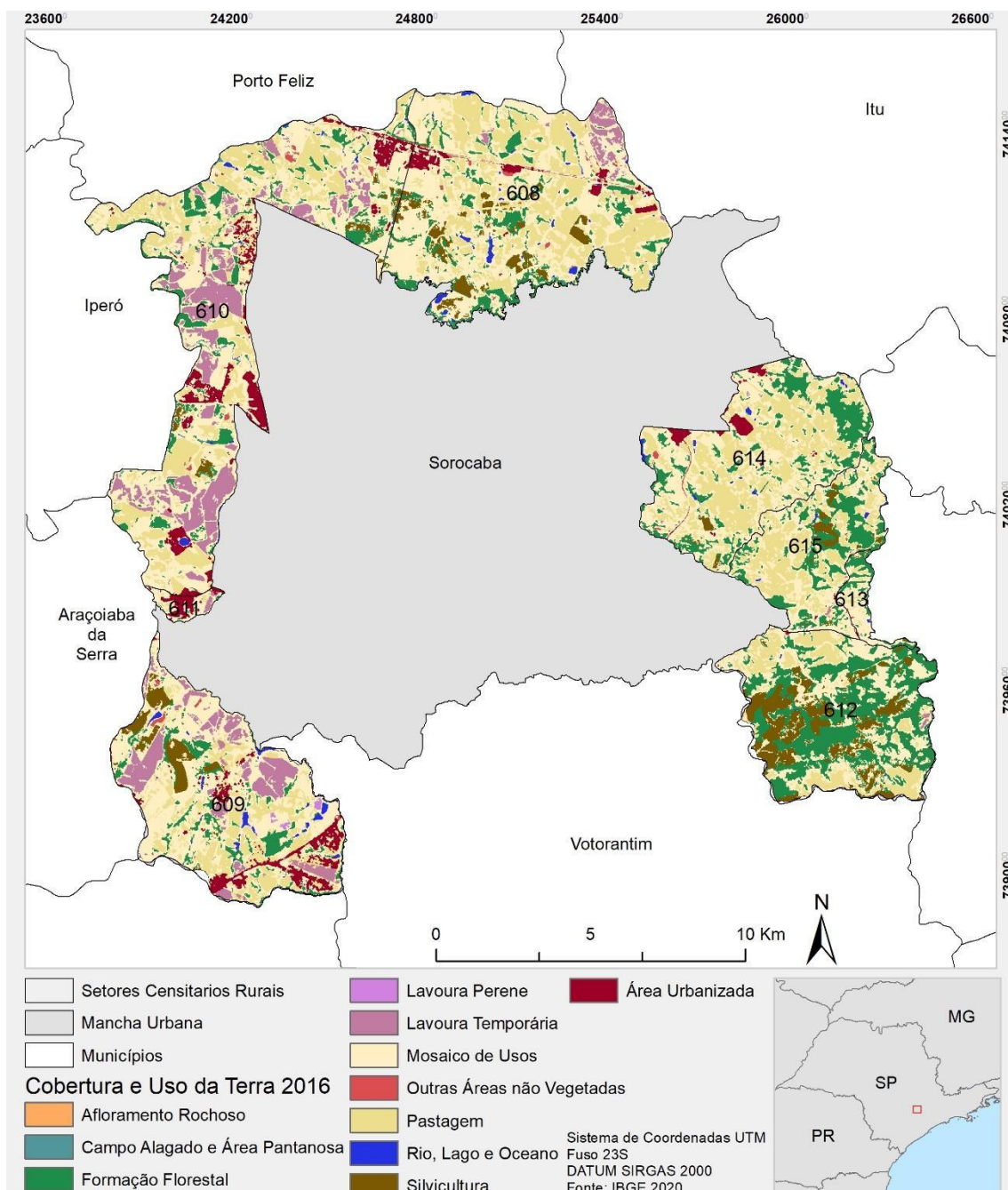
Dos dados disponíveis na plataforma, foram utilizados os da Cobertura e Uso da Terra com base nas imagens Sentinel, essas imagens são capturadas pela constelação de satélites do programa Copernicus, liderado pela Agência Espacial Europeia (ESA) (EUROPEAN SPACE AGENCY, 2024). Para esse mapeamento as imagens mais utilizadas para o MapBiomas são as dos satélites Sentinel-1 e Sentinel-2 com resolução espacial de 10 metros.

O motivo da escolha dessa classificação é por ser um grande avanço no monitoramento de uso e cobertura da terra no Brasil, essa resolução mais alta (comparada a outras resoluções amplamente usadas, como 30 metros do Landsat) permite uma análise muito mais detalhada e precisa, especialmente em áreas menores ou com mosaicos complexos de uso, a série temporal disponível é a partir de 2016 (MapBiomas, 2024), por isso, nesta pesquisa definiu-se os dados de análise para 2016 e 2022 em função da disponibilidade dos dados.

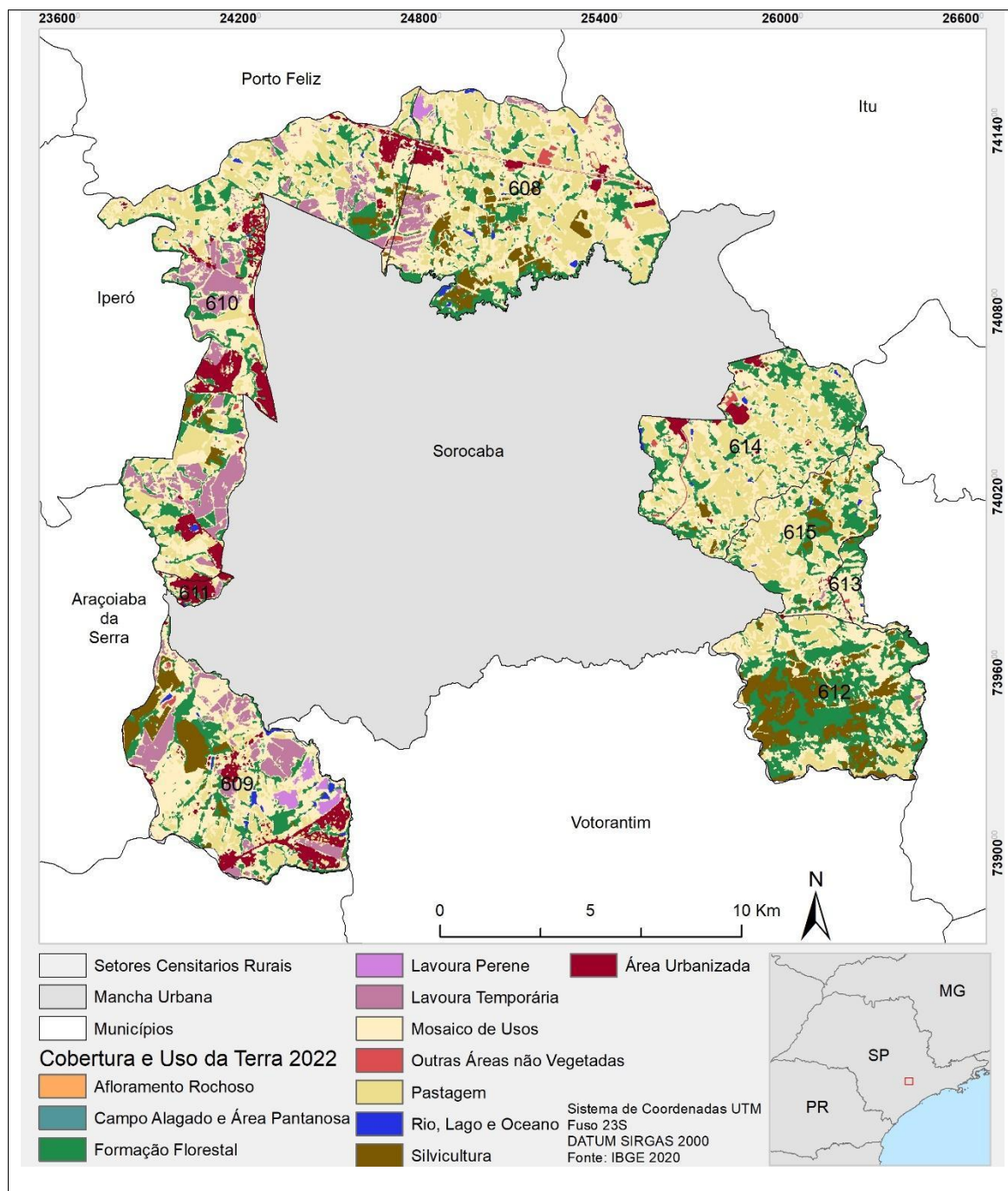
Os mapas de Cobertura e Uso da Terra para esses anos são apresentados na **Figura 6**, e na **Figura 7**. Observa-se que há, nos dois períodos, o predomínio da classe Mosaico de Usos (44,23% para o de 2016 e 40,89% para o ano de 2022), que de acordo com a legenda do MapBiomas essa classe é heterogênea, sendo composta por uma mistura de diferentes tipos de ocupação, sem uma predominância clara de uma única classe, sendo essa categoria utilizada quando não é possível identificar de forma precisa um único uso ou cobertura do solo devido à presença de múltiplos usos, como pequenas áreas de cultivo, pastagens, vegetação secundária e ocupações urbanas dentro de um mesmo espaço. Outro destaque é a presença de Formação Florestais (15,52% para o ano de 2016 e 18,71% para o ano de 2022) que é o tipo de cobertura vegetal natural composta por diferentes espécies de árvores e plantas de grande

porte, que formam um ambiente denso e complexo, onde a presença de árvores domina a paisagem. Esse termo é utilizado para descrever áreas onde o predomínio é de vegetação arbórea, em oposição a outras formações vegetais, como savanas, campos ou áreas arbustivas (**Tabela 5**).

**Figura 6** Mapa de Cobertura e Uso da Terra das áreas de Periurbano de Sorocaba do ano de 2016



**Figura 7** Mapa de Cobertura e Uso da Terra das áreas de Periurbano de Sorocaba do ano de 2022



**Tabela 5** Atributos de Cobertura e Uso da Terra dos anos de 2016 e 2022 das áreas de Periurbano de Sorocaba

2016	2022
------	------

Legenda	ha	%	Legenda	ha	%
Formação Florestal	3739,23	15,524	Formação Florestal	4506,81	18,71
Silvicultura	1198,31	4,975	Silvicultura	1725,99	7,17
Campo Alagado e Área Pantanosa	59,22	0,246	Campo Alagado e Área Pantanosa	23,63	0,10
Pastagem	5671,67	23,548	Pastagem	4723,77	19,61
Lavoura Temporária	1532,25	6,362	Lavoura Temporária	1561,49	6,48
Mosaico de Usos	10655,53	44,239	Mosaico de Usos	9849,38	40,89
Área Urbanizada	921,42	3,826	Área Urbanizada	1242,93	5,16
Outras Áreas não Vegetadas	110,93	0,461	Outras Áreas não Vegetadas	169,3	0,70
Afloramento Rochoso	0,49	0,002	Afloramento Rochoso	3,95	0,02
Rio, Lago e Oceano	181,28	0,755	Rio, Lago e Oceano	134,44	0,56
Lavoura Perene	15,28	0,063	Lavoura Perene	144,37	0,60
Total	24086,06		Total	24086,06	

### 3.6 Elaboração do Mapeamento da Fragilidade

A metodologia de Ross para avaliação da fragilidade ambiental consiste em utilizar uma escala de vulnerabilidade, que considera diferentes variáveis ambientais, como cobertura vegetal, topografia, solo, hidrografia, clima e uso da terra sem que essa escala de vulnerabilidade é dividida em diferentes classes, que representam níveis de fragilidade ambiental (ROSS, 2012). Essas classes podem ser determinadas com base na importância relativa de cada variável na determinação da fragilidade ambiental, sendo que para este trabalho, as variáveis ambientais utilizadas foram Pedologia, Geologia, Declividade e Cobertura e Uso da Terra (MARTINES, 2020)

Para isso, em cada variável é atribuído um peso que varia de 1 a 5, onde cada peso equivale, respectivamente, à: 1 – Muito Baixo, 2 – Baixo, 3 – Médio, 4 – Alto, 5 – Muito Alto. Após atribuição dos pesos, é realizado um cruzamento das variáveis para determinar a classe de fragilidade ambiental de cada local, essa metodologia de avaliação da fragilidade ambiental proposta por Ross permite identificar e classificar áreas com diferentes níveis de vulnerabilidade, auxiliando na tomada de decisões e no planejamento de uso sustentável do ambiente (Ross, 1994).

### 3.7 Padronização dos Mapas

Para a elaboração do mapa síntese (Fragilidade) foi necessário

transformar todos os mapas vetoriais em mapas matriciais, com a finalidade de associar as células das matrizes a valores, isso permitiu a efetivação da álgebra entre os mapas, por meio de operações aritméticas, tendo com resultado a integração desses dados em um modelo de síntese (MARTINES, 2020). Tomlin (1990) esclarece que o termo “álgebra de mapas” é um conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, com base em funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas, e ainda, caracterizou o processo de análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional, sendo os mapas são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa.

Martines (2020) esclarece que uma das questões centrais na aplicação da álgebra de mapas é a avaliação a ser realizada para a definição das classes temáticas (qualitativos) em valores (quantitativos), sendo preciso estabelecer um valor adequado para cada dado qualitativo em função do objetivo que pretende ser alcançado, essa avaliação é importante, pois implica diretamente nos resultados finais e nas possíveis tomadas de decisões, e, neste sentido, a participação direta do pesquisador na padronização do modelo é fundamental para a obtenção de um bom produto que irá expressar o fenômeno estudado.

Nesta pesquisa, adaptamos os valores baseados em Martines (2020) e as padronizações são apresentadas na **Tabela 6**, sendo aplicado a seguinte equação no modelo síntese de fragilidade (**Equação 1**)

**Tabela 6** Análise qualitativa/quantitativa para as variáveis ambientais.

Tema	Sigla	Valor
Usos	Formação Florestal	1,00
	Rio, Lago e Oceano	1,00
	Silvicultura	2,21
	Campo Alagado e Área Pantanosa	2,29
	Pastagem	3,29
	Mosaico de Usos	3,29
	Lavoura Perene	3,43
	Lavoura Temporária	4,29
	Área Urbanizada	5,00
	Outras Áreas não Vegetadas	5,00
	Afloramento Rochoso	5,00
	Tema	Sigla
Declividade	0 a 5	1,11
	5 a 12	2,11
	13 a 30	3,22
	31 a 47	4,22
	48 a 90	5,00

Tema	Sigla	Valor	
Geologia	Pirajibu	1,28	
	Serra do Itaberaba	1,28	
	Granito Atibaia	2,00	
	Itararé	3,63	
	Estrada dos Romeiros	3,75	
	Grupo Sorocaba	3,75	
	Depósitos Aluvionares Holocênicos	5,00	
	Corpo d'água continental	5,00	
	Tema	Sigla	Valor
	Solos	Latossolos Vermelhos	2,33
Cambissolos Hálicos		3,00	
Latossolos Vermelho-Amarelos		3,00	
Argissolos Vermelho-Amarelos		3,00	
Gleissolos Hálicos		5,00	

### (Equação 1)

$$MR = 0,461538 (MCUT) + 0,230769 (MP) + 0,230769 (MD) + 0,076923 (MG)$$

Onde:

MR = Modelo numérico resultante;

MCUT = Modelo numérico da Cobertura e Uso da Terra;

MP - Modelo numérico da Pedologia;

MD = Modelo numérico da Declividade; MG = Modelo numérico da Geologia.

### 3.8 Análise dos Dados

Para a análise dos dados dessa pesquisa, utilizou-se a estatística descritiva como ferramenta principal de organização e apresentação das informações. A estatística descritiva envolve a sumarização e a organização dos dados de maneira a facilitar a compreensão de seus principais aspectos (BUSSAB & MORETTIN, 2017). Nesse contexto, as informações foram organizadas em tabelas que apresentam os somatórios e as porcentagens correspondentes aos diferentes parâmetros avaliados. O somatório, um dos métodos básicos da estatística descritiva, refere-se à soma dos valores dentro de uma categoria, permitindo o cálculo de totais e comparações entre variáveis, e o uso da porcentagem que possibilita a análise proporcional, fornecendo uma

visão clara de como cada componente contribui para o todo (TRIOLA, 2013)

Além das tabelas, foi utilizado o gráfico de Sankey para representar e analisar os fluxos entre diferentes categorias nos mapas de cobertura e uso da terra. Esse gráfico é ideal para ilustrar a relação entre variáveis e como elas se transformam ao longo do tempo ou entre diferentes categorias, no gráfico de Sankey, as larguras das linhas ou fluxos são proporcionais à quantidade ou volume de cada categoria, facilitando a visualização de mudanças significativas e padrões dentro dos dados espaciais de cobertura de uso da terra (FRIENDLY, 2008)

A análise também incluiu a comparação dos setores censitários, que foi realizada por meio do método do dendrograma, que é um gráfico amplamente utilizado para ilustrar a similaridade ou diferenças entre conjuntos de dados, o dendrograma é uma representação gráfica em formato de árvore, na qual as amostras são agrupadas com base em suas características, permitindo identificar padrões de similaridade e diferença entre os setores analisados. Esse método de análise hierárquica é especialmente útil para entender a relação entre grupos de dados e a formação de clusters, proporcionando uma visualização clara de como os setores se organizam em termos de características ambientais e demográficas (HAIR et al., 2009).

#### **4. Resultados**

A partir dos resultados das variáveis ambientais, obteve-se o resultado expresso na elaboração de um mapa de fragilidade ambiental para os anos de 2016 e 2022 (**Figura 8**). Utilizamos o mapa de cobertura e uso da terra como comparativo por ser a variável ambiental que mais expressa mudanças significativas para a fragilidade ambiental de cada setor censitário e da área total analisada. A classe Muito Baixo representa as áreas de menor fragilidade ambiental, onde o solo e a vegetação possuem uma alta capacidade de suporte e resiliência a alterações. Normalmente, essas áreas são menos suscetíveis a erosões, deslizamentos ou outros impactos ambientais devido a uma vegetação densa e/ou solo bem estruturado. Em 2016 ela possuía uma área de 22,36 km<sup>2</sup>, cobrindo grande parte das áreas periurbanas, entretanto, em 2022, observa-se uma redução na área para 19,25 km<sup>2</sup>, ou 86,11% de sua área original. Suas mudanças são perceptíveis com uma troca de 6,30% para a classe Média, ou

uma mudança de sua área de fragilidade de 1,41 km<sup>2</sup> e outra de 6,06% para a classe Alto, sendo uma mudança de 1,35 km<sup>2</sup> (**Tabela 7**).

A classe Baixo representa uma fragilidade um pouco maior, mas relativamente baixa. Elas são áreas com uma capacidade de suporte à erosão moderada, onde intervenções humanas podem ser realizadas com menor risco ambiental, embora ainda seja necessário um certo nível de cuidado para evitar degradação. Ela apresenta, também, uma distribuição considerável em 2016, cobrindo uma área de 22,97 km<sup>2</sup>. Em 2022, há uma leve redução nessa classe, indo para 19,92 km<sup>2</sup>, ou 86,74% de sua extensão anterior. Suas alterações podem ser atribuídas pela troca de 8,12%, ou 1,87 km<sup>2</sup>, de seu espaço para a classe Alto (**Tabela 7**).

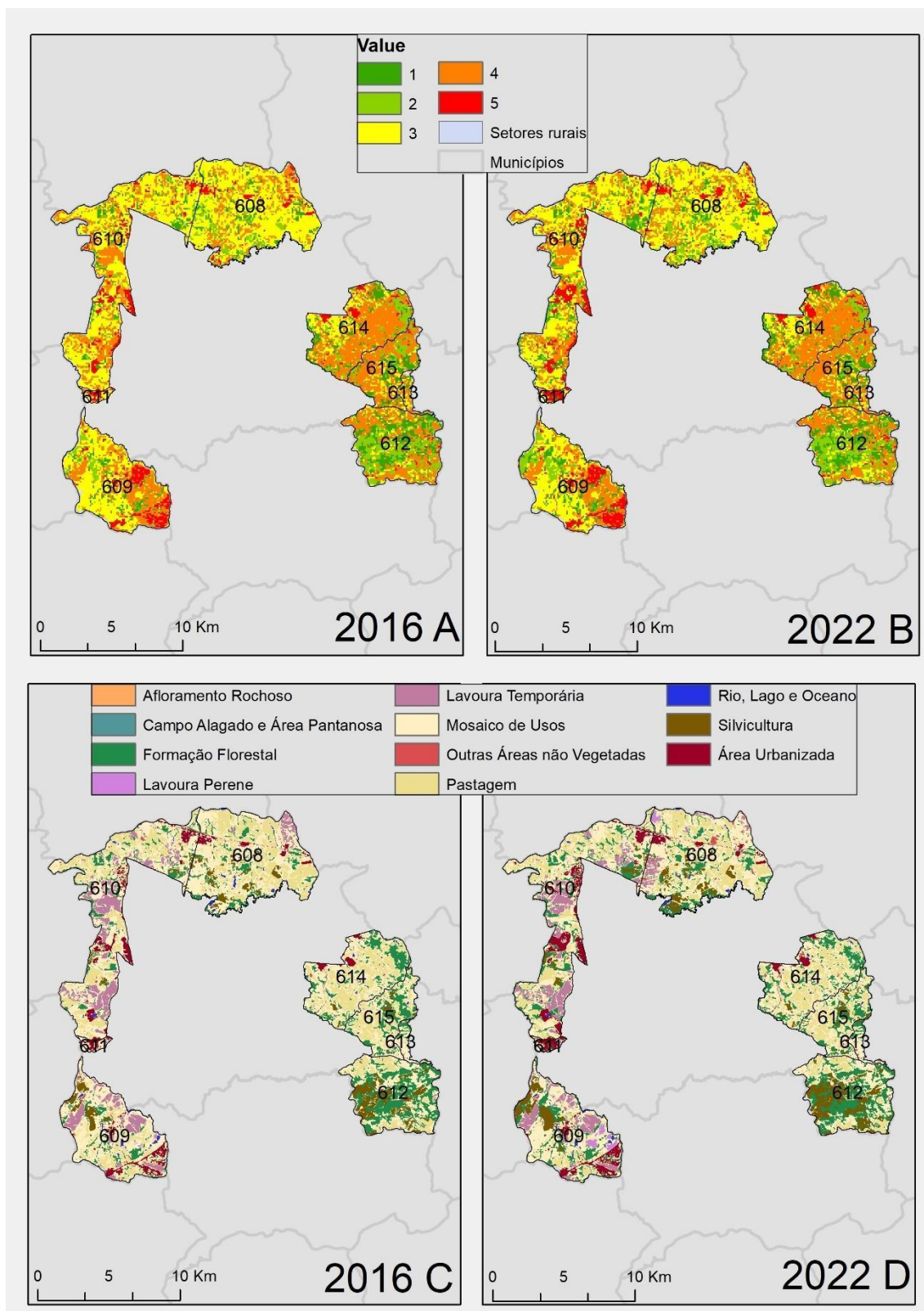
A classe “Médio”, representando áreas de moderada fragilidade ambiental, é a que mais tem presença na maioria dos setores censitários periurbanos, tendo uma presença bem definida nas zonas Norte e Oeste do município, e abrangendo uma área de 87,29 km<sup>2</sup>. Já em 2022 temos uma pequena perda, indo para 73,69 km<sup>2</sup>, ou 84,43%. Essa mudança ocorre pela troca de 6,15 km<sup>2</sup> de sua área, ou 7,04%, para a classe “Muito Baixo”, e outra troca para a classe “Muito Alto” de 2,90 km<sup>2</sup>, ou 3,33% de sua área anterior (**Tabela 7**).

A classe "Alto" também mostrou expansão de área em 2022 quando comparado com 2016. Antes ela mantinha uma área de 70,57 km<sup>2</sup>, com uma maior concentração na zona leste do município. Para 2022, sua área passou a ter um tamanho de 61,35 km<sup>2</sup>, ou 86,95% da área total, havendo uma troca para a classe “Baixo” de 3,55 km<sup>2</sup> de sua área, ou 5,03%, assim como pela classe “Médio”, com uma troca de 2,93 km<sup>2</sup>, ou 4,15% (**Tabela 7**). A classe “Alto” representa áreas com maior susceptibilidade à degradação, onde os impactos do uso da terra, erosão e perda de cobertura vegetal são mais evidentes.

A classe "Muito Alto", por mais que seja a menos comum em ambos os anos, representa as áreas de maior fragilidade ambiental. Em 2016, ela estava restrita a áreas muito específicas, tendo uma área de 13,13 km<sup>2</sup>, sendo possivelmente locais já bastante degradados ou regiões sujeitas a erosão intensa e com pouca cobertura vegetal. Em 2022 temos uma troca do tamanho de sua área para 12,19 km<sup>2</sup>, ou 92,84%, tendo trocas de sua área para as classes

“Médio”, de 0,48 km<sup>2</sup> (ou 3,63%) e “Alto”, de 0,44 km<sup>2</sup> (ou 3,36%) respectivamente (**Tabela 7**). Embora seja uma classe pequena, ela indica que algumas áreas passaram a ser tão impactadas que migraram para esse nível de fragilidade extrema. Esse aumento, embora pequeno, é preocupante, pois representa zonas em estado crítico de degradação ambiental.

**Figura 8** Área Total da Fragilidade Ambiental Periurbana

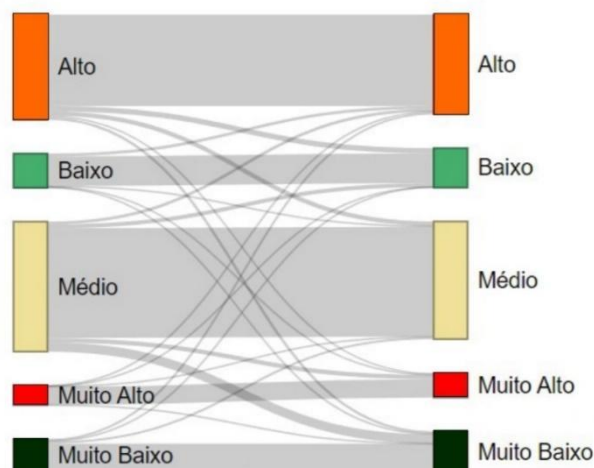


**Tabela 7** Níveis de Fragilidade para a Área Periurbana Total

De	Para	km2	%
Muito Baixo	Muito Baixo	19,25	86,11
Muito Baixo	Baixo	0,34	1,53
Muito Baixo	Médio	1,41	6,30
Muito Baixo	Alto	1,35	6,06
<b>Total</b>		<b>22,36</b>	
Baixo	Muito Baixo	0,39	1,70
Baixo	Baixo	19,92	86,74
Baixo	Médio	0,53	2,31
Baixo	Alto	1,87	8,12
Baixo	Muito Alto	0,26	1,13
<b>Total</b>		<b>22,97</b>	
Médio	Muito Baixo	6,15	7,04
Médio	Baixo	2,64	3,02
Médio	Médio	73,69	84,43
Médio	Alto	1,91	2,19
Médio	Muito Alto	2,90	3,33
<b>Total</b>		<b>87,29</b>	
Alto	Muito Baixo	1,70	2,41
Alto	Baixo	3,55	5,03
Alto	Médio	2,93	4,15
Alto	Alto	61,35	86,95
Alto	Muito Alto	1,03	1,46
<b>Total</b>		<b>70,57</b>	
Muito Alto	Muito Baixo	0,01	0,08
Muito Alto	Baixo	0,01	0,08
Muito Alto	Médio	0,48	3,63
Muito Alto	Alto	0,44	3,36
Muito Alto	Muito Alto	12,19	92,84
<b>Total</b>		<b>13,13</b>	

No **Gráfico 1** observa-se que as principais mudanças ocorreram nas classes alta com pequena diminuição no período, sendo que as mudanças foram para as classes Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. A classe Médio sofreu alteração significativa para a classe Muito Baixo.

**Gráfico 1** Fragilidade Ambiental das Áreas Totais Periurbanas



Analisando a área total das zonas consideradas como periurbano do município de Sorocaba, obtemos a classificação de que a classe Médio possui a maior presença dentre elas, sendo bem distribuída pelos setores censitários e também com uma grande quantidade de trocas de sua área para outros níveis de fragilidade, tendo sua maior mudança para a classe Muito Baixo em 2022, assim como seu maior “ganho” da classe Alto em 2022, indicando a troca do uso do manejo de suas terras em sua distribuição pelo município (**Tabela 8**).

Destaca-se também a classe Alto como a segunda maior presença na área de estudo, sendo uma classe bem concentrada na zona Leste do município. Ambas as classes demonstram que de forma geral, as áreas periurbanas de Sorocaba possuem, respectivamente, uma concentração maior de áreas frágeis em níveis médios e altos, havendo zonas de concentração específicas para ambas as classes, mostrando que existem áreas de uso específico e/ou exposição e alta facilidade à erosão de seu solo, seja por razões físicas como declividade e exposição geológica, como ocorre na zona leste do município, ou pelos diferentes tipos de solo e concentração pelo município correlacionando com o tipo de uso antrópico realizado no mesmo, como ocorre tanto nas zonas Norte e Oeste.

Para o mesmo período, analisamos as mudanças de cada classe na legenda do mapa de uso e cobertura do solo, já que são as variáveis que mais sofrem impacto e que expõem a variação de fragilidade para todos os setores com base em seus diferentes tipos de uso. Em 2016, a classe de Formação Florestal tinha uma maior concentração na zona leste do município, mas possui

uma pequena distribuição entre as outras zonas. Possui uma área de 36,16 km<sup>2</sup> em sua extensão total, grande parte sendo mantida por parques naturais, APPs e outras áreas de manejo florestal e áreas verdes preservadas. Conforme as ações antrópicas se diversificaram pelo território do município, em 2022 essa classe teve uma diminuição de sua área para 31,13 km<sup>2</sup> (ou 86,08% de sua área total), onde 4,64 km<sup>2</sup> (ou 12,84%) foram direcionados para a classe Mosaico de Usos.

Para a classe Silvicultura, consistindo em espécies arbóreas plantadas para fins comerciais, possui uma maior concentração na zona Leste do município também, mas possui algumas manchas significativas em outras zonas mostrando algumas áreas de concentração específicas. Temos que em 2016 possuía 11,59 km<sup>2</sup> de área total e, em seu desenvolvimento para o ano de 2022 sofreu poucas mudanças em sua área, ficando com 11,35 km<sup>2</sup> (ou 97,96%) de sua área anterior e tendo sua maior troca com a classe Lavoura Temporária, consistindo numa área de 0,22 km<sup>2</sup> (ou 1,97%) de sua área anterior.

Com a classe Campo Alagado e Área Pantanosa, consistindo em áreas de formação florestal não natural, notamos que havia pouca presença na área analisada, consistindo em uma área de 0,57 km<sup>2</sup> ao todo no ano de 2016. Já em 2022, a classe passou a ser 0,05 km<sup>2</sup> (ou 8,76%) de sua anterior, tendo suas maiores trocas com a classe Mosaico de Usos, com uma aquisição de 0,26 km<sup>2</sup> (ou 45,78%) de área, e da classe Formação Florestal, com uma aquisição de 0,24 km<sup>2</sup> (ou 43,16%) de área.

A classe Pastagem, consistindo em áreas de plantagem diretamente relacionadas à atividade agropecuária, é uma das que está mais bem distribuídas entre todos os setores, tendo uma área total de 54,84 km<sup>2</sup> pelo município em 2016. Sua evolução em 2022 ocorre com poucas trocas significativas em sua área, mantendo 39,90 km<sup>2</sup> (ou 72,76%) de sua área anterior, tendo sua maior troca com a classe Mosaico de Usos, com uma aquisição de 13,84 km<sup>2</sup> (ou 25,25%) da classe.

A classe Lavoura Temporária, que são áreas de cultivo agrícola com um período curto ou médio de duração, possui manchas/núcleos bem definidos pelas zonas Norte e Oeste do município. Em 2016 ela mantinha uma área de 14,81 km<sup>2</sup> nestas zonas, mas com seu desenvolvimento para o ano de 2022 sua

área passou a ser de 12,45 km<sup>2</sup> (ou 84,05%) de sua área anterior, e também teve poucas trocas significativas, sendo a maior delas para a classe de Mosaico de Usos, com uma aquisição de 2,11 km<sup>2</sup> (ou 14,26%).

A classe Mosaico de Usos, que consiste em áreas de uso agropecuário em que não foi possível fazer a distinção entre pastagem, agricultura, áreas de vegetação urbana e dentro outros, é a classe com maior presença e mais bem distribuída por toda a área de estudo, mantendo uma área de 103,07 km<sup>2</sup> em 2016. Em seu desenvolvimento para o ano de 2022, a classe manteve uma área de 73,67 km<sup>2</sup> (ou 71,47%) de sua área anterior, tendo poucas trocas significativas, sendo a maior delas para a classe formação Florestal, adquirindo uma área de 12,04 km<sup>2</sup> (ou 11,68%) e da classe Silvicultura, adquirindo 4,93 km<sup>2</sup> (ou 4,79%) da área concedente.

A classe Outras Áreas não Vegetadas, consistindo em áreas de superfícies não permeáveis, áreas não mapeadas, áreas mistas (naturais e antropizadas) e áreas de solo exposto, notamos que é uma classe com pouca presença na área de estudo analisada, tendo apenas 1,07 km<sup>2</sup> de área distribuída pelo município em 2016. Seu desenvolvimento para o ano de 2022 ocorreu com uma troca significativa de área, mantendo apenas 0,63 km<sup>2</sup> (ou 58,71%) de sua área anterior e cedendo 0,37 km<sup>2</sup> (ou 34,74%) de sua área anterior para a classe Mosaico de Usos.

Temos a classe Afloramento Rochoso, consistindo diretamente à rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, nota-se que é uma classe com mínima presença em nossa área de estudo, mantendo uma área de extensão de apenas 0,004 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Seu desenvolvimento para o ano de 2022 não é muito diferente e com perdas mínimas em sua área, mantendo uma área de 0,003 km<sup>2</sup> (ou 97,5%) de sua extensão anterior, tendo apenas uma troca com a classe Mosaico de Usos, com uma aquisição de 0,0001 km<sup>2</sup> (ou 2,5%) da classe concedente.

Para a classe Rio, Lago e Oceano, representando os corpos d'água do município, notamos uma sutil presença da classe nas zonas Norte e Oeste do município, mantendo uma área de 1,75 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Seu desenvolvimento para o ano de 2022, temos uma mudança em sua área para 1,21 km<sup>2</sup> (ou 69,15%) de sua extensão anterior, havendo trocas significativas

tanto para a classe Mosaico de Usos, com uma aquisição de área de 0,40 km<sup>2</sup> (ou 23,01%) e para a classe Formação Florestal, com uma aquisição de área de 0,12 km<sup>2</sup> (ou 6,93%) da área concedente.

Já para a classe Lavoura Perene, consistindo em áreas de cultivo agrícola com um ciclo vegetativo longo, notamos sua presença, principalmente, ao sul da zona Oeste do município, assim como poucas manchas na zona Norte. Essa classe é a única na análise em que manteve sua área de extensão a mesma em ambos os anos (2016 e 2022), sendo uma área de 0,14 km<sup>2</sup>.

**Tabela 8** Atributos de Uso e Cobertura da Terra para os anos de 2016 e 2022

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Formação Florestal	Formação Florestal	31,1327	86,0892
2016-2022	Formação Florestal	Silvicultura	0,3325	0,9194
2016-2022	Formação Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0005	0,0014
2016-2022	Formação Florestal	Pastagem	0,0169	0,0467
2016-2022	Formação Florestal	Lavoura Temporária	0,0004	0,0011
2016-2022	Formação Florestal	Mosaico de Usos	4,6443	12,8426
2016-2022	Formação Florestal	Área Urbanizada	0,0085	0,0235
2016-2022	Formação Florestal	Outras Áreas não Vegetadas	0,0170	0,0470
2016-2022	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,0105	0,0290
<b>Subtotal</b>			<b>36,1633</b>	
2016-2022	Silvicultura	Formação Florestal	0,0007	0,0060
2016-2022	Silvicultura	Silvicultura	11,3567	97,9651
2016-2022	Silvicultura	Pastagem	0,0005	0,0043
2016-2022	Silvicultura	Lavoura Temporária	0,2287	1,9728
2016-2022	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,0053	0,0457
2016-2022	Silvicultura	Área Urbanizada	0,0006	0,0052
2016-2022	Silvicultura	Rio, Lago e Oceano	0,0001	0,0009
<b>Subtotal</b>			<b>11,5926</b>	

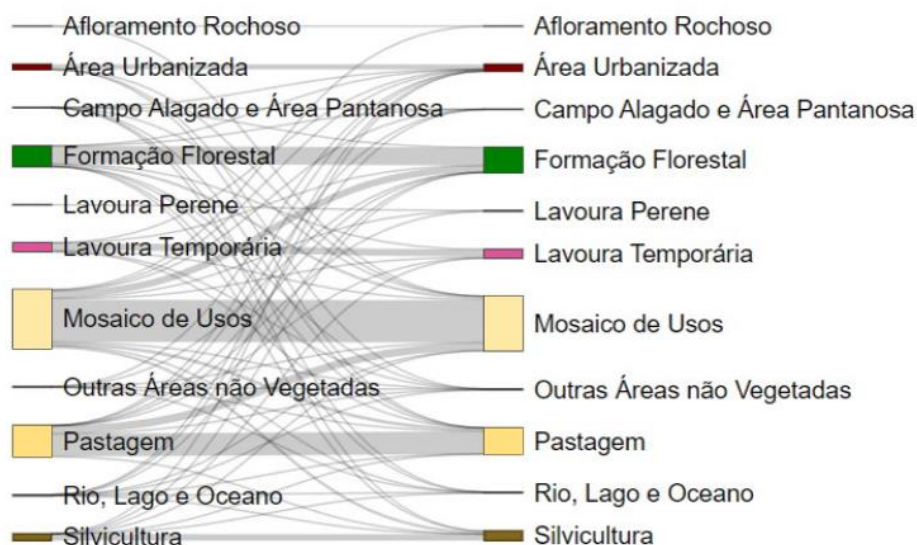
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Florestal	0,2483	43,1601
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Silvicultura	0,0023	0,3998
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0504	8,7606
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Pastagem	0,0025	0,4346
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,2634	45,7848
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Área Urbanizada	0,0006	0,1043
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Rio, Lago e Oceano	0,0078	1,3558
<b>Subtotal</b>			<b>0,5753</b>	
2016-2022	Pastagem	Formação Florestal	0,0387	0,0706
2016-2022	Pastagem	Silvicultura	0,0525	0,0957
2016-2022	Pastagem	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0029	0,0053
2016-2022	Pastagem	Pastagem	39,9084	72,7669
2016-2022	Pastagem	Lavoura Temporária	0,0176	0,0321
2016-2022	Pastagem	Mosaico de Usos	13,8498	25,2530
2016-2022	Pastagem	Área Urbanizada	0,6918	1,2614
2016-2022	Pastagem	Outras Áreas não Vegetadas	0,1851	0,3375
2016-2022	Pastagem	Lavoura Perene	0,0974	0,1776
<b>Subtotal</b>			<b>54,8442</b>	
2016-2022	Lavoura Temporária	Formação Florestal	0,0001	0,0007
2016-2022	Lavoura Temporária	Pastagem	0,0428	0,2889
2016-2022	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	12,4520	84,0545
2016-2022	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos	2,1139	14,2694
2016-2022	Lavoura Temporária	Área Urbanizada	0,2024	1,3663
2016-2022	Lavoura Temporária	Outras Áreas não Vegetadas	0,0030	0,0203
<b>Subtotal</b>			<b>14,8142</b>	
2016-2022	Mosaico de Usos	Formação Florestal	12,0440	11,6842
2016-2022	Mosaico de Usos	Silvicultura	4,9392	4,7916

2016-2022	Mosaico de Usos	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,1714	0,1663
2016-2022	Mosaico de Usos	Pastagem	5,6581	5,4890
2016-2022	Mosaico de Usos	Lavoura Temporária	2,3921	2,3206
2016-2022	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	73,6769	71,4756
2016-2022	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	2,1548	2,0904
2016-2022	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,7976	0,7738
2016-2022	Mosaico de Usos	Afloramento Rochoso	0,0330	0,0320
2016-2022	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,0614	0,0596
2016-2022	Mosaico de Usos	Lavoura Perene	1,1513	1,1169
Subtotal			103,0798	
2016-2022	Área Urbanizada	Pastagem	0,0008	0,0090
2016-2022	Área Urbanizada	Mosaico de Usos	0,0078	0,0874
2016-2022	Área Urbanizada	Área Urbanizada	8,9158	99,8790
2016-2022	Área Urbanizada	Outras Áreas não Vegetadas	0,0022	0,0246
Subtotal			8,9266	
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Formação Florestal	0,0012	0,1116
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Pastagem	0,0141	1,3111
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,3736	34,7406
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,0506	4,7052
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,6314	58,7130
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Rio, Lago e Oceano	0,0045	0,4184
Subtotal			1,0754	
2016-2022	Afloramento Rochoso	Mosaico de Usos	0,0001	2,5000
2016-2022	Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso	0,0039	97,5000
Subtotal			0,0040	
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,1214	6,9364
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Silvicultura	0,0032	0,1828

2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0007	0,0400
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Pastagem	0,0005	0,0286
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,4028	23,0145
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Área Urbanizada	0,0110	0,6285
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Outras Áreas não Vegetadas	0,0003	0,0171
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	1,2103	69,1521
Subtotal			1,7502	
2016-2022	Lavoura Perene	Lavoura Perene	0,1492	100,0000
Subtotal			0,1492	

O diagrama em formato Sankey apresenta todos os fluxos de trocas das classes no período estudado (**Gráfico 2**). Devido à algumas classes terem uma área de extensão pequena dentro da área de estudo, suas legendas de cores não são capazes de serem atribuídas no gráfico, mas ainda sim é perceptível como a classe Mosaico de Usos é a que mais se destaca em todos os setores, sendo uma das classes que mais cedeu áreas para outras, principalmente para a classe de Formação Florestal, assim como recebeu boa porcentagem da área da classe de Pastagem, mas ainda sim ficando com uma área menor em 2022 do que quando tinha em 2016. No contexto de fragilidade ambiental, é importante notar que houve uma certa recuperação da classe de Formação Florestal, mesmo tendo uma parte de sua área tomada para classes voltadas à agropecuária, como as classes de Pastagem, Lavoura Temporária, Mosaico de Usos, assim como para as Áreas Urbanizadas. Em toda a área de estudo, fica evidente que todo o contorno periurbano sorocabano está, em sua grande maioria, voltado para a agricultura, com algumas manchas urbanas concentradas em localidades específicas a depender do contexto que ocorre no cotidiano de tais lugares.

**Gráfico 2** Atributos de Uso e Cobertura da Terra das áreas Periurbanas dos anos de 2016 e 2022.



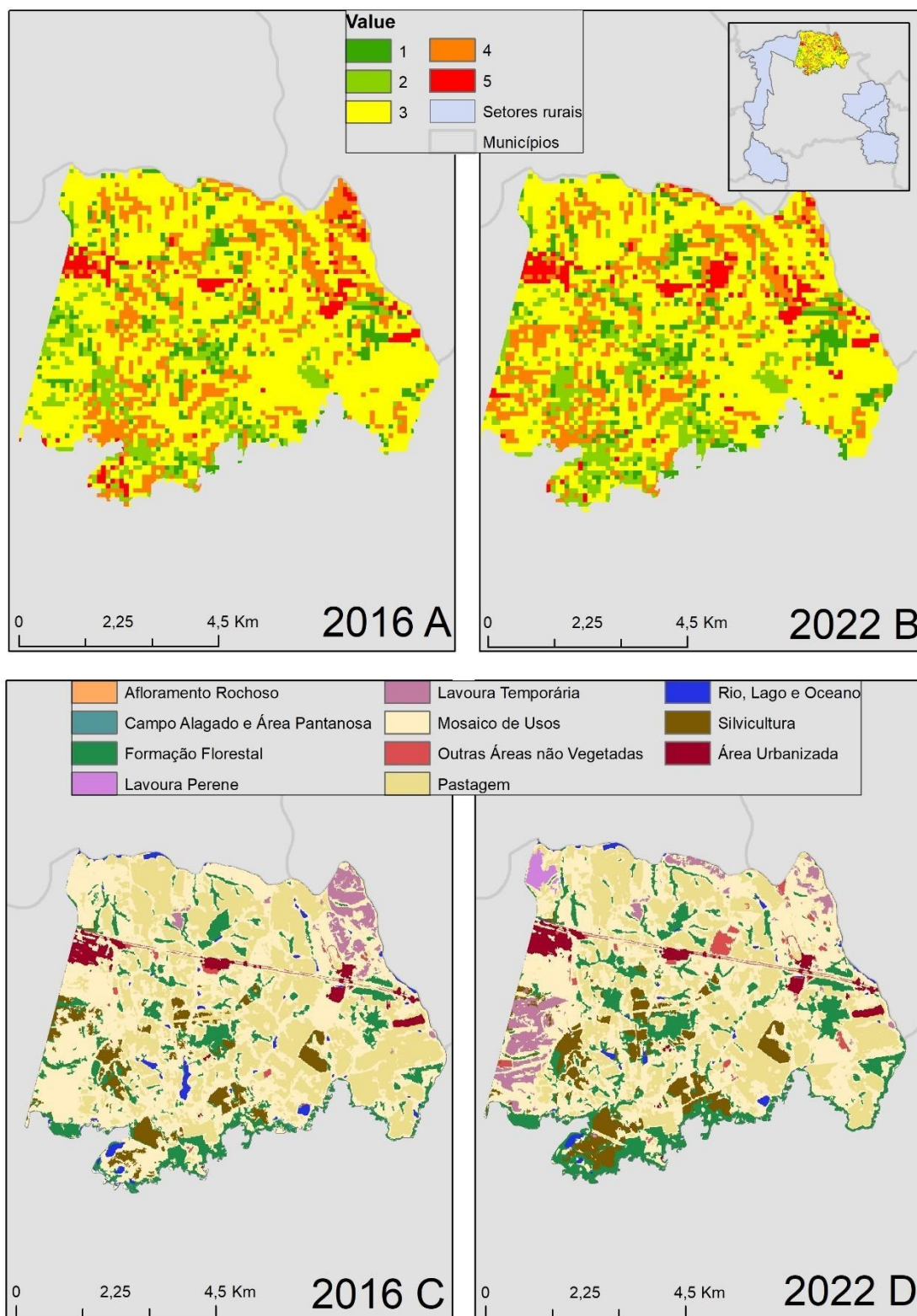
Para o desenvolvimento de uma compreensão mais específica do grau de fragilidade ambiental pelas áreas periurbanas, foi realizado a análise de cada setor censitário caracterizado como periurbano nesta avaliação. Os setores foram separados por seus códigos censitários, sendo eles, os setores 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614 e 615 respectivamente.

Para o setor 608, é apresentado o mapa de fragilidade ambiental dos anos de 2016 e 2022, assim como mapas de cobertura e uso da terra para a comparação entre a dinâmica de usos e os graus de fragilidade ambiental entre os anos conforme (**Figura 9**). O setor possui uma área total de 4837 ha (hectares), ocupando 21,90 % da área total de estudo, sendo o segundo maior setor censitário. Nos quadros A e B temos as representações da fragilidade ambiental do setor para cada ano respectivamente, onde é possível notar a presença majoritária da classe 3 (Médio) em toda a sua extensão, que pode ser atribuído à grande quantidade de Pastagem e Mosaicos de Usos quando se comparado com as figuras C e D, assim como o desenvolvimento da classe 5 (Muito Alto) em manchas específicas no centro do setor, que, quando se comparado com as figuras C e D, que representam os tipos de uso e cobertura para cada ano

Ainda, podemos notar um segmento de reta da Área Urbana com as mesmas manchas na mesma localidade, indicando que uma via de transporte importante cruza esse local, fomentando o desenvolvimento urbano em

concentração para estes locais. Importante notar uma recuperação da Formação Florestal até o ano de 2022, assim como o avanço da Silvicultura nas mesmas áreas, ambos avançando sobre a classe de Corpos D'Água, assim como houve uma troca de localidade para a classe Lavoura Temporária, que em 2016 se localizava na região nordeste do setor e em 2022 passou a ocorrer com mais concentração na região sudoeste do setor.

**Figura 9** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 608



A **Tabela 9** demonstra a variação da fragilidade ambiental entre suas classes no setor (quadros A e B), onde demonstra com mais clareza as diferenças dos níveis de fragilidade do setor, onde a classe Muito Baixo possuía 3,49 km<sup>2</sup> em 2016, mas preservou apenas 2,59 km<sup>2</sup> em 2022 (ou 74,21% de sua

área anterior), tendo sua maior troca com a classe Médio, obtendo 0,82 km<sup>2</sup> (ou 23,58%) da área concedente. A classe Baixo manteve 4,16 km<sup>2</sup> no ano de 2016, mas em 2022 tinha apenas 3,48 km<sup>2</sup> (ou 83,60%) da sua área anterior, tendo suas maiores trocas com a classe Alto, obtendo 0,39 km<sup>2</sup> (ou 9,42%) da área concedente, e da classe Médio, adquirindo 0,23 km<sup>2</sup> (ou 5,54%) da área concedente. Para a classe Médio, sendo a mais abrangente e presente do setor, ela tinha uma área de 28,87 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016, mas com seu desenvolvimento para o ano de 2022 ela manteve apenas 24,95 km<sup>2</sup> (ou 86,43%) de sua área anterior.

Suas maiores trocas foram com as classes Muito Baixo, adquirindo 1,56 km<sup>2</sup> (ou 5,41%) da área concedente, e da classe Alto, obtendo 0,97 km<sup>2</sup> (ou 3,37%) da área concedente. A classe Alto é a segunda mais predominante, onde manteve uma área de 9,23 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016, mas com seu desenvolvimento para o ano de 2022, a classe manteve apenas 7,51 km<sup>2</sup> (ou 81,38%) de sua área anterior. Suas maiores trocas foram com as classes Médio, que obteve 0,83 km<sup>2</sup> (ou 8,98%) da área concedente, e da classe Baixo, que adquiriu 0,78 km<sup>2</sup> (ou 8,49%) da área concedente. Já para a classe Muito Alto, ela manteve uma área de 1,82 km<sup>2</sup> em 2016 e em manchas específicas de urbanização. Com seu desenvolvimento para o ano de 2022, ela manteve apenas 1,46 km<sup>2</sup> de sua área anterior (ou 80,35%), tendo apenas duas trocas iguais de área, sendo elas a classe Alto, adquirindo 0,18 km<sup>2</sup> (ou 9,89%) da classe concedente, e da classe Médio, adquirindo 0,18 km<sup>2</sup> (ou 9,76%) da classe concedente.

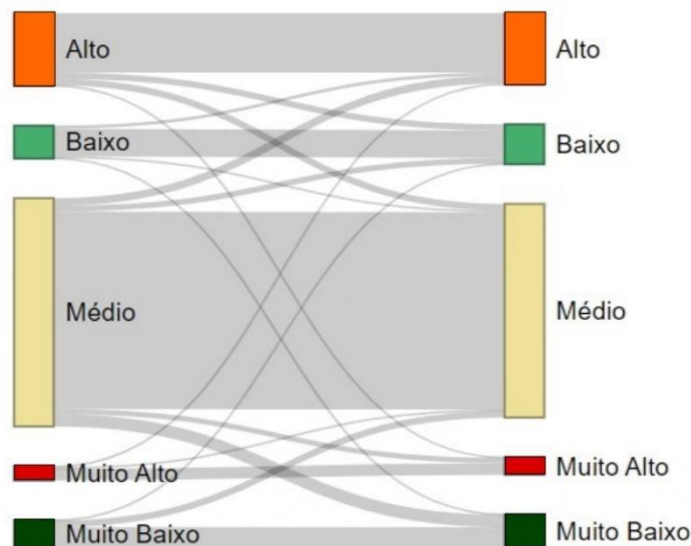
**Tabela 9** Desenvolvimento dos parâmetros de Fragilidade do Setor 608 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	2,59	74,21
2016-2022	Muito Baixo	Baixo	0,08	2,21
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,82	23,58
<b>Subtotal</b>			<b>3,49</b>	
2016-2022	Baixo	Muito Baixo	0,06	1,44
2016-2022	Baixo	Baixo	3,48	83,60
2016-2022	Baixo	Médio	0,23	5,54
2016-2022	Baixo	Alto	0,39	9,42
<b>Subtotal</b>			<b>4,16</b>	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	1,56	5,41

2016-2022	Médio	Baixo	0,72	2,50
2016-2022	Médio	Médio	24,95	86,43
2016-2022	Médio	Alto	0,97	3,37
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,66	2,28
Subtotal			28,87	
2016-2022	Alto	Baixo	0,78	8,49
2016-2022	Alto	Médio	0,83	8,98
2016-2022	Alto	Alto	7,51	81,38
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,11	1,15
Subtotal			9,23	
2016-2022	Muito Alto	Médio	0,18	9,76
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,18	9,89
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	1,46	80,35
Subtotal			1,82	

O **Gráfico 3** observa-se que a maior mudança no período é da classe médio para muito baixo e a classe alta com mudança para as classes baixo e médio.

**Gráfico 3** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental para o setor 608 para os anos de 2016 e 2022



A **Tabela 10** demonstra como se deu o desenvolvimento dos tipos de cobertura e uso da terra (quadros C e D) do setor, onde observa-se que, a classe de Formação Florestal mantinha uma área de 5,27 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016, estando bem distribuídas pelo centro do setor. Com o seu desenvolvimento para o ano de 2022, manteve apenas 4,36 km<sup>2</sup> de sua área anterior (ou 82,73%),

tendo uma troca de uso mais significativa com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,86 km<sup>2</sup> (16,30%). A classe de Silvicultura é bem presente ao sul do setor, mantendo uma área de 2,44 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016, mas com seu desenvolvimento até o ano de 2022, sofreu pouquíssimas trocas significativas em sua área, mantendo uma área de 2,22 km<sup>2</sup> (ou 91,22%) com relação a 2016, tendo sua troca mais significativa com a classe de Lavoura Temporária, onde adquiriu 0,21 km<sup>2</sup> (ou 8,67%).

A classe de Campo Alagado e Área Pantanosa é pouco presente neste setor, tendo uma área de apenas 0,12 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Com seu desenvolvimento para o ano de 2022, ela perdeu uma grande parte de sua área, mantendo apenas 0,0014 km<sup>2</sup> com relação ao ano de 2016, tendo sua maior troca para a classe de Formação Florestal, adquirindo 0,09 km<sup>2</sup> (ou 74,31%) da área concedente, assim como teve uma troca com a classe de Mosaico de Usos, adquirindo 0,03 km<sup>2</sup> (ou 24,11%) da área concedente. A classe de Pastagem se encontra bem definida por todo o setor, abrangendo uma área de 14,85 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016, onde com o seu desenvolvimento para o ano de 2022, manteve 10,97 km<sup>2</sup> (ou 73,89%) de sua área anterior, tendo assim apenas uma troca significativa com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 3,70 km<sup>2</sup> (ou 24,97%) de sua área.

A classe Lavoura Temporária manteve a localização de sua área em regiões bem estabelecidas, tendo 1,29 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Com seu desenvolvimento para o ano de 2022, manteve apenas 0,41 km<sup>2</sup> (ou 31,78%) de sua área anterior, tendo uma grande troca de sua área com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,85 km<sup>2</sup> (ou 66,04%) de sua área. A classe Mosaico de Usos é a mais presente e bem distribuída no setor, mantendo uma área de 24,98 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Mas com seu desenvolvimento para o ano de 2022 houve uma perda perceptível de sua área, indo para 17,82 km<sup>2</sup> (ou 71,32%) de sua área anterior, tendo uma troca maior para a classe de Formação Florestal, adquirindo 2,55 km<sup>2</sup> (ou 10,21%) de sua área. A classe de Área Urbanizada mantinha manchas bem específicas de sua ocorrência, mantendo uma área de 1,13 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Seu desenvolvimento para o ano de 2022 ocorreu de forma tranquila, sendo a classe que menos sofreu alterações em área de ocorrência, mantendo 1,12 km<sup>2</sup> (ou 99,69%) de sua área com relação ao que

mantinha em 2016, tendo sua maior troca com a classe de Mosaico de Usos, que adquiriu 0,0017 km<sup>2</sup> (ou 0,15%) da área concedente.

A classe Outras Áreas não Vegetadas também possuía menos presença neste setor, mantendo apenas 0,36 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Seu desenvolvimento até o ano de 2022 ocorreu com algumas trocas, onde manteve apenas 0,26 km<sup>2</sup> (ou 71,79%) de sua área em comparação com 2016, tendo uma troca com a classe de Mosaico de Usos, obtendo 0,08 km<sup>2</sup> (ou 23,62%) de sua área. A classe Rio, Lago e Oceano também é uma classe com pouca presença no setor, mantendo apenas 0,63 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Contudo, em 2022 manteve apenas 0,36 km<sup>2</sup> (ou 56,81%) de sua área anterior devido à trocas específicas que ocorreram com a classe de Mosaico de Usos, obtendo 0,21 km<sup>2</sup> (ou 34,37%) de sua área, e da classe Formação Florestal, obtendo 0,05 km<sup>2</sup> (ou 8,66%) de sua área.

**Tabela 10** Parâmetros do desenvolvimento do tipo de Uso e Cobertura da Terra do Setor 608 para os anos de 2016 e 2022

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Formação Florestal	Formação Florestal	4,3675	82,7335
2016-2022	Formação Florestal	Silvicultura	0,0304	0,5759
2016-2022	Formação Florestal	Pastagem	0,0023	0,0436
2016-2022	Formação Florestal	Lavoura Temporária	0,0004	0,0076
2016-2022	Formação Florestal	Mosaico de Usos	0,8605	16,3004
2016-2022	Formação Florestal	Outras Áreas não Vegetadas	0,0154	0,2917
2016-2022	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,0025	0,0474
<b>Subtotal</b>			<b>5,2790</b>	
2016-2022	Silvicultura	Silvicultura	2,2286	91,2239
2016-2022	Silvicultura	Pastagem	0,0001	0,0041
2016-2022	Silvicultura	Lavoura Temporária	0,2119	8,6738
2016-2022	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,0022	0,0901
2016-2022	Silvicultura	Área Urbanizada	0,0002	0,0082
<b>Subtotal</b>			<b>2,4430</b>	

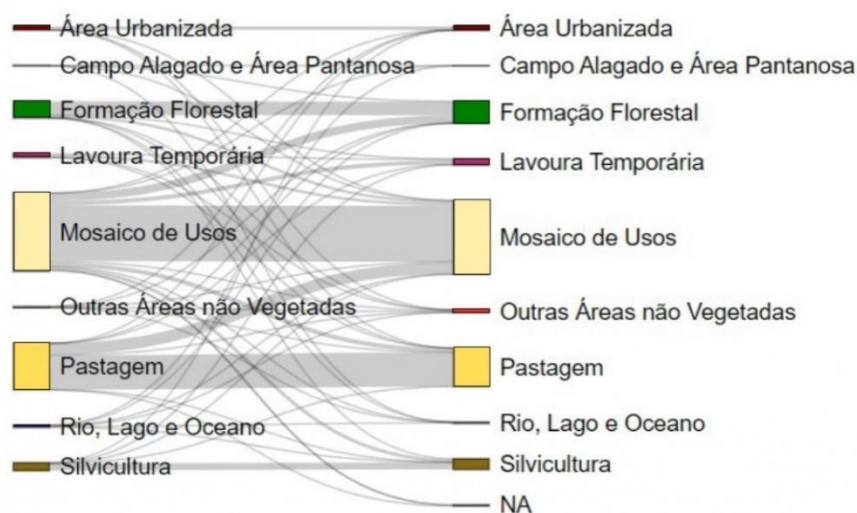
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Florestal	0,0943	74,3105
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0014	1,1032
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,0306	24,1135
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Rio, Lago e Oceano	0,0006	0,4728
<b>Subtotal</b>			<b>0,1269</b>	
2016-2022	Pastagem	Formação Florestal	0,0269	0,1811
2016-2022	Pastagem	Silvicultura	0,0235	0,1582
2016-2022	Pastagem	Pastagem	10,9742	73,8909
2016-2022	Pastagem	Lavoura Temporária	0,0003	0,0020
2016-2022	Pastagem	Mosaico de Usos	3,7095	24,9766
2016-2022	Pastagem	Área Urbanizada	0,0047	0,0316
2016-2022	Pastagem	Outras Áreas não Vegetadas	0,1107	0,7454
2016-2022	Pastagem	Lavoura Perene	0,0021	0,0141
<b>Subtotal</b>			<b>14,8519</b>	
2016-2022	Lavoura Temporária	Pastagem	0,0250	1,9354
2016-2022	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	0,4106	31,7876
2016-2022	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos	0,8531	66,0447
2016-2022	Lavoura Temporária	Outras Áreas não Vegetadas	0,0030	0,2323
<b>Subtotal</b>			<b>1,2917</b>	
2016-2022	Mosaico de Usos	Formação Florestal	2,5520	10,2124
2016-2022	Mosaico de Usos	Silvicultura	1,0500	4,2018
2016-2022	Mosaico de Usos	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0101	0,0404
2016-2022	Mosaico de Usos	Pastagem	1,3368	5,3495
2016-2022	Mosaico de Usos	Lavoura Temporária	1,3105	5,2443
2016-2022	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	17,8247	71,3296
2016-2022	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,0790	0,3161
2016-2022	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,4520	1,8088

2016-2022	Mosaico de Usos	Afloramento Rochoso	0,0023	0,0092
2016-2022	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,0077	0,0308
2016-2022	Mosaico de Usos	Lavoura Perene	0,3641	1,4570
Subtotal			24,9892	
2016-2022	Área Urbanizada	Pastagem	0,0004	0,0353
2016-2022	Área Urbanizada	Mosaico de Usos	0,0017	0,1501
2016-2022	Área Urbanizada	Área Urbanizada	1,1293	99,6910
2016-2022	Área Urbanizada	Outras Áreas não Vegetadas	0,0014	0,1236
Subtotal			1,1328	
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Formação Florestal	0,0010	0,2731
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Pastagem	0,0009	0,2458
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,0865	23,6210
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,0123	3,3588
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,2629	71,7914
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Rio, Lago e Oceano	0,0026	0,7100
Subtotal			0,3662	
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,0552	8,6615
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Silvicultura	0,0002	0,0314
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0004	0,0628
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,2191	34,3794
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Outras Áreas não Vegetadas	0,0003	0,0471
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,3621	56,8178
Subtotal			0,6373	

O **Gráfico 4** apresenta uma melhor visualização como se deu o desenvolvimento das formas de cobertura e uso da terra do setor, assim como ocorreram as trocas entre cada classe. Assim, temos a troca de áreas da Pastagem e do Mosaico de Usos para uma classe não atribuída (NA), já que em 2016 ela não existia, passando a ser encontrada no setor apenas em 2022, mas

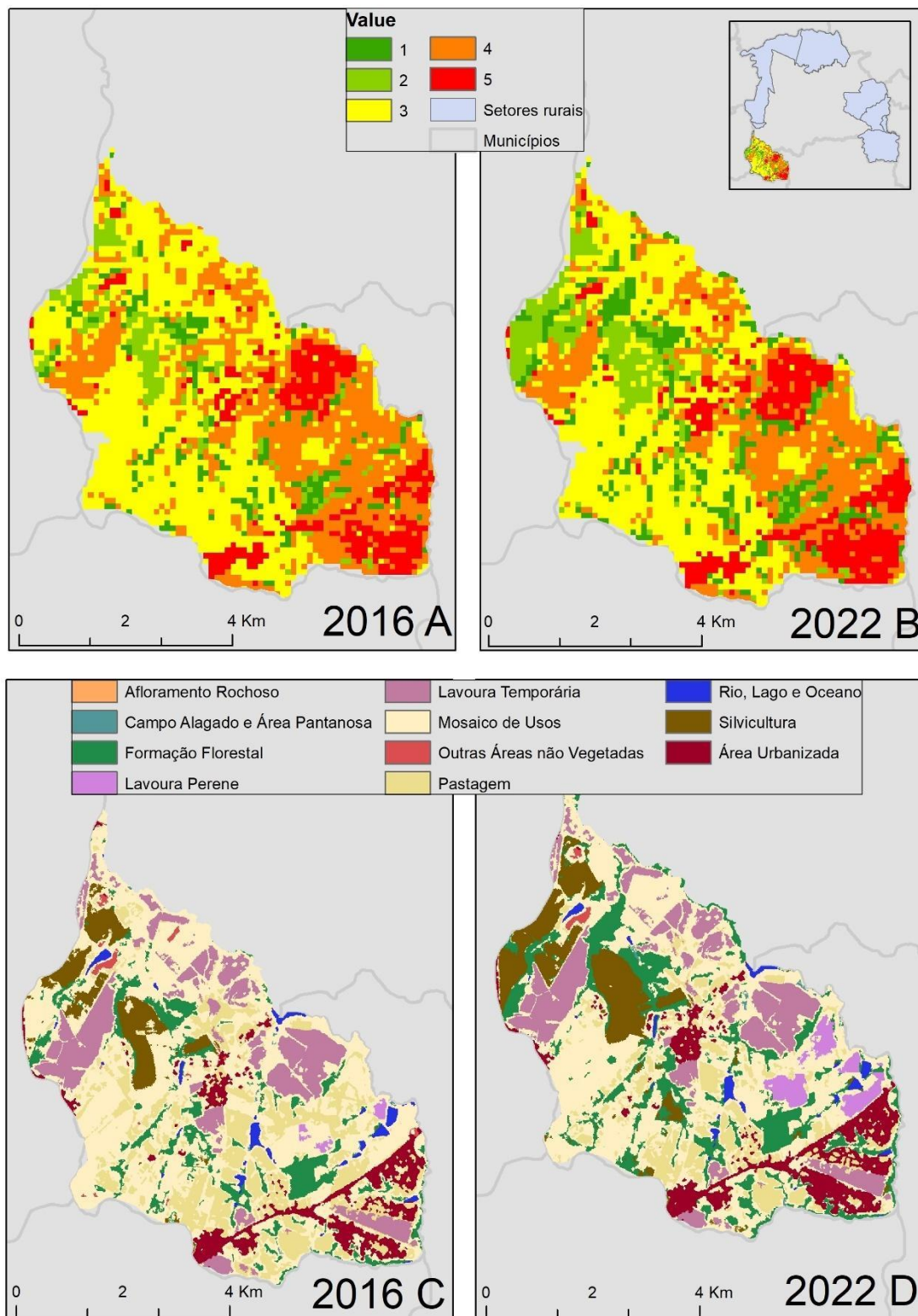
como seus valores são mínimos e, durante a realização do mapa de uso e cobertura da terra os dados não foram quantificados o suficiente para a sua análise, ela será desconsiderada.

**Gráfico 4** Desenvolvimentos dos tipos de Uso e Cobertura da Terra do Setor 608 para os anos de 2016 e 2022



O setor 609 possui uma área de 3582 ha (hectares) ocupando 16,22% da área total de estudo, localizado ao sul da zona Oeste do município, possui uma grande concentração das classes Médio e Alto na questão do impacto de fragilidade ambiental em sua área para ambos os anos (**Figura 10**).

**Figura 10** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 609 nos anos de 2016 e 2022.



A **Tabela 11** demonstra como ocorreu o desenvolvimento dos parâmetros de fragilidade ambiental para o setor, tendo a classe Muito Baixo com uma área bem espalhada de 2,27 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Com o seu desenvolvimento até o ano de 2022, a classe teve trocas mínimas ocorridas em sua área,

mantendo 2,18 km<sup>2</sup> (ou 95,91%) de sua área anterior, assim, sua maior troca ocorreu com a classe Médio, adquirindo 0,042 km<sup>2</sup> (ou 1,84%) de sua área. A classe Baixo também se encontrava bem diversificada pelo setor durante o ano de 2016, mantendo uma área de 2,21 km<sup>2</sup>. Já no ano de 2022 também não passou por grandes trocas, mantendo 2,16 km<sup>2</sup> (ou 97,65%) de sua área anterior, tendo sua maior troca com a classe Alto, adquirindo 0,042 km<sup>2</sup> (ou 1,85%) de sua área.

A classe Médio também é a classe mais presente e distribuída neste setor, abrangendo uma área de 15,34 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 12,74 km<sup>2</sup> (ou 83,04%) de sua área anterior, havendo trocas com as classes Muito Baixo, obtendo 1,23 km<sup>2</sup> (ou 8,06%) de sua área, e da classe Baixo, obtendo 1,06 km<sup>2</sup> (ou 6,96%) de sua área. A classe Alto é a segunda mais presente no setor, estando mais concentrada à Sudeste do setor e mantendo uma área de 10,61 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Em 2022, manteve 9,10 km<sup>2</sup> (ou 85,76%) de sua área anterior, tendo trocas com a classe Muito Baixo, que obteve 0,45 km<sup>2</sup> (ou 4,25%) de sua área, e da classe Baixo, obtendo 0,40 km<sup>2</sup> (ou 3,78%) de sua área. A classe Muito Alto aparece, também, em duas manchas concentradas dentro do setor, apresentando uma área de 4,06 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Já em 2022, a classe manteve 4,00 km<sup>2</sup> (ou 98,35%) de sua área anterior, sendo a classe que teve as menores mudanças no setor, onde a mais notável foi para a classe Médio, adquirindo 0,06 km<sup>2</sup> (ou 1,60%) de sua área.

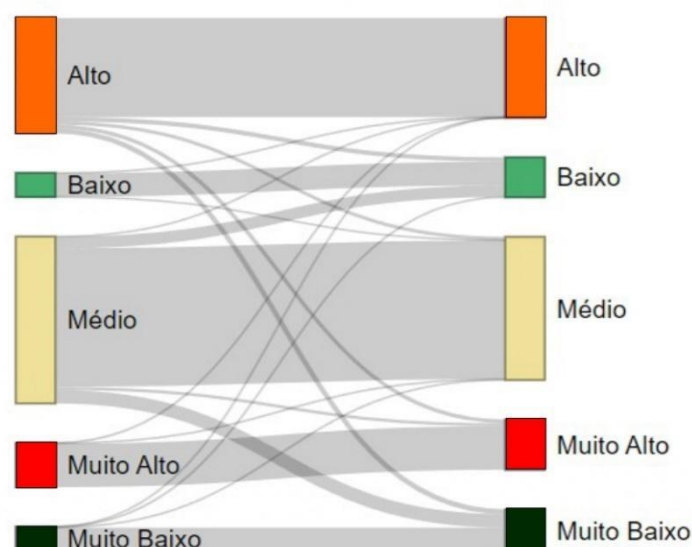
**Tabela 11** Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 609 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	2,185	95,917
2016-2022	Muito Baixo	Baixo	0,040	1,756
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,042	1,844
2016-2022	Muito Baixo	Alto	0,011	0,483
<b>Subtotal</b>			<b>2,278</b>	
2016-2022	Baixo	Baixo	2,165	97,654
2016-2022	Baixo	Médio	0,010	0,451
2016-2022	Baixo	Alto	0,042	1,895
<b>Subtotal</b>			<b>2,217</b>	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	1,238	8,066
2016-2022	Médio	Baixo	1,069	6,969
2016-2022	Médio	Médio	12,742	83,047

2016-2022	Médio	Alto	0,021	0,137
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,273	1,781
<b>Subtotal</b>			<b>15,343</b>	
2016-2022	Alto	Muito Baixo	0,452	4,254
2016-2022	Alto	Baixo	0,402	3,785
2016-2022	Alto	Médio	0,308	2,904
2016-2022	Alto	Alto	9,106	85,760
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,350	3,296
<b>Subtotal</b>			<b>10,617</b>	
2016-2022	Muito Alto	Médio	0,065	1,600
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,002	0,044
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	4,001	98,355
<b>Subtotal</b>			<b>4,068</b>	

No **Gráfico 5**, observa-se que a principal mudança no período foi da classe de médio para muito baixo e baixo.

**Gráfico 5** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 609 nos anos de 2016 e 2022.



O desenvolvimento dos atributos de cobertura e uso da terra do setor 609 se dá de forma que, a classe Formação Florestal encontra-se espalhada em pequenas concentrações, tendo uma área de 3,00 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe passou por trocas pequenas, mantendo uma área de 2,86 km<sup>2</sup> (ou 95,22%) com relação à 2016, se expandindo mais ao Norte/Noroeste do setor, e tendo pequenas trocas com as classes Mosaico de Usos, obtendo 0,07 km<sup>2</sup> (ou 2,53%) de sua área, e Silvicultura, obtendo 0,06 km<sup>2</sup> (ou 2,12%) de sua

área. A classe Silvicultura ocorreu com uma maior concentração na região Noroeste do setor, mantendo uma área de 2,03 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe foi uma das que mais manteve sua área, com 2,02 km<sup>2</sup> (ou 99,95%) comparado com 2016, tendo trocas mínimas com as classes Formação Florestal, obtendo 0,0004 km<sup>2</sup> (ou 0,019%) de sua área, e Área Urbanizada, obtendo também 0,0004 km<sup>2</sup> (ou 0,019%) de sua área (**Tabela 12**).

A classe Campo Alagado e Área Pantanosa também não é muito presente neste setor, mantendo apenas uma área de 0,03 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe teve grandes trocas, mantendo apenas 0,003 km<sup>2</sup> (ou 10,45%) de sua área anterior, com sua maior troca ocorrendo para a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,02 km<sup>2</sup> (ou 65,14%) de sua área, e da classe Formação Florestal, obtendo 0,008 km<sup>2</sup> (ou 22,78%) de sua área. A classe de Pastagem se encontra bem dispersa pela região central do setor, mantendo uma área de 6,35 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe teve uma grande troca, mantendo apenas 3,19 km<sup>2</sup> (ou 50,24%) de sua área anterior, com a classe Mosaico de Usos adquirindo 2,84 km<sup>2</sup> (ou 44,69%) de sua área.

A classe Lavoura Temporária também localiza-se em manchas específicas e bem determinadas pelo setor, e também é uma das classes que mais manteve sua área preservada, tendo uma área de 4,77 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Em 2022 a classe manteve 4,74 km<sup>2</sup> (ou 99,44%) de sua área anterior, tendo apenas uma pequena troca com a classe Área Urbanizada, obtendo 0,02 km<sup>2</sup> (ou 0,48%) de sua área. A classe Mosaico de Usos também é a predominante nesse setor, estando bem dispersa por ele, mantendo uma área de 17,98 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe teve algumas trocas com outras áreas, mantendo 12,56 km<sup>2</sup> (ou 69,89%) de sua área anterior, ocorrendo da classe Formação Florestal adquirir 2,40 km<sup>2</sup> (ou 13,36%) de sua área, e da classe Silvicultura obter 1,32 km<sup>2</sup> (ou 7,34%) de sua área.

A classe Área Urbanizada se localiza ao Sul do setor, com manchas específicas que marcam vias de transporte muito utilizadas também, ela também é outra que teve poucas trocas, mantendo quase toda sua área de 2016, sendo ela 2,467 km<sup>2</sup>. Em 2022, a classe manteve 2,464 km<sup>2</sup> (ou 99,87%) de sua área anterior, onde sua maior troca foi com a classe Pastagem, adquirindo 0,0003 km<sup>2</sup> (ou 0,012%) de sua área.

A classe Outras Áreas não Vegetadas também possui pouca presença neste setor, localizando – se em sua região Norte, mantendo uma área de 0,21 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve apenas 0,10 km<sup>2</sup> (ou 50,52%) de sua área anterior, tendo uma troca significativa para a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,09 km<sup>2</sup> (ou 42,96%) de sua área. A classe Rio, Lago e Oceano apresenta pouca presença neste setor, estando bem distribuída em seu espaço e mantendo uma área de 0,52 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe pode manter 0,41 km<sup>2</sup> (ou 79,93%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,07 km<sup>2</sup> (ou 14,91%) de sua área. Já a classe Lavoura Perene, foi a única que manteve sua área a mesma para ambos os anos no setor, tendo uma área de 0,14 km<sup>2</sup> em ambos os períodos (**Tabela 12**).

**Tabela 12** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 609 para os anos de 2016 e 2022.

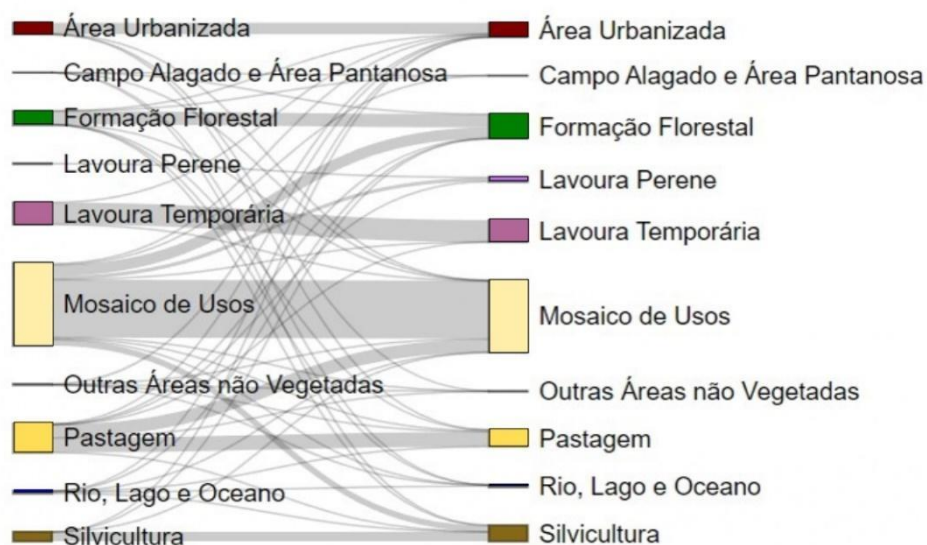
Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Formação Florestal	Formação Florestal	2,8658	95,2251
2016-2022	Formação Florestal	Silvicultura	0,0641	2,1299
2016-2022	Formação Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0005	0,0166
2016-2022	Formação Florestal	Pastagem	0,0002	0,0066
2016-2022	Formação Florestal	Mosaico de Usos	0,0764	2,5386
2016-2022	Formação Florestal	Área Urbanizada	0,0023	0,0764
2016-2022	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,0002	0,0066
<b>Subtotal</b>			<b>3,0095</b>	
2016-2022	Silvicultura	Formação Florestal	0,0004	0,0197
2016-2022	Silvicultura	Silvicultura	2,0292	99,9507
2016-2022	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,0002	0,0099
2016-2022	Silvicultura	Área Urbanizada	0,0004	0,0197
<b>Subtotal</b>			<b>2,0302</b>	
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Florestal	0,0085	22,7882
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Silvicultura	0,0001	0,2681

2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0039	10,4558
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,0243	65,1475
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Rio, Lago e Oceano	0,0005	1,3405
Subtotal			0,0373	
2016-2022	Pastagem	Formação Florestal	0,0034	0,0535
2016-2022	Pastagem	Silvicultura	0,0228	0,3586
2016-2022	Pastagem	Pastagem	3,1950	50,2445
2016-2022	Pastagem	Lavoura Temporária	0,0021	0,0330
2016-2022	Pastagem	Mosaico de Usos	2,8422	44,6964
2016-2022	Pastagem	Área Urbanizada	0,1949	3,0650
2016-2022	Pastagem	Outras Áreas não Vegetadas	0,0032	0,0503
2016-2022	Pastagem	Lavoura Perene	0,0953	1,4987
Subtotal			6,3589	
2016-2022	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	4,7497	99,4493
2016-2022	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos	0,0029	0,0607
2016-2022	Lavoura Temporária	Área Urbanizada	0,0234	0,4899
Subtotal			4,7760	
2016-2022	Mosaico de Usos	Formação Florestal	2,4040	13,3680
2016-2022	Mosaico de Usos	Silvicultura	1,3210	7,3457
2016-2022	Mosaico de Usos	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0526	0,2925
2016-2022	Mosaico de Usos	Pastagem	0,4116	2,2888
2016-2022	Mosaico de Usos	Lavoura Temporária	0,0006	0,0033
2016-2022	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	12,5699	69,8980
2016-2022	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,4136	2,2999
2016-2022	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,0251	0,1396
2016-2022	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,0113	0,0628
2016-2022	Mosaico de Usos	Lavoura Perene	0,7735	4,3012

Subtotal			17,9832	
2016-2022	Área Urbanizada	Pastagem	0,0003	0,0122
2016-2022	Área Urbanizada	Mosaico de Usos	0,0027	0,1094
2016-2022	Área Urbanizada	Área Urbanizada	2,4641	99,8703
2016-2022	Área Urbanizada	Outras Áreas não Vegetadas	0,0002	0,0081
Subtotal			2,4673	
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Pastagem	0,0001	0,0475
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,0904	42,9658
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,0135	6,4163
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,1063	50,5228
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Rio, Lago e Oceano	0,0001	0,0475
Subtotal			0,2104	
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,0237	4,5368
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Silvicultura	0,0013	0,2489
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Pastagem	0,0005	0,0957
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,0779	14,9119
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Área Urbanizada	0,0014	0,2680
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,4176	79,9387
Subtotal			0,5224	
2016-2022	Lavoura Perene	Lavoura Perene	0,1492	0,1492
Subtotal			100,0000	

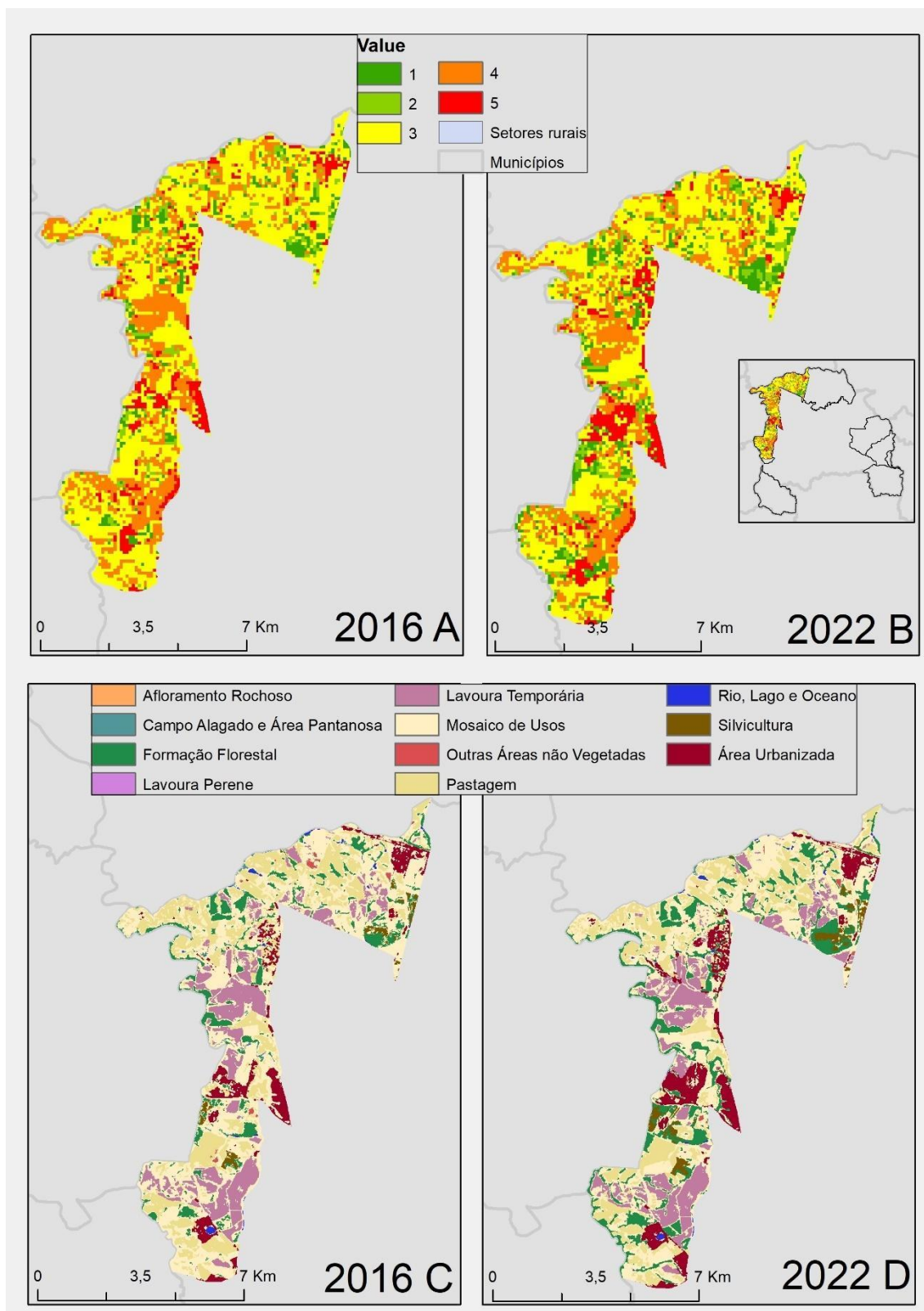
Assim, **Gráfico 6** demonstra a evolução desses atributos entre os anos de 2016 e 2022, destaca-se que a classe que sofreu as maiores alterações foi a classe Mosaico de Usos, sendo substituída por silvicultura e pastagens.

**Gráfico 6** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 609 para os anos de 2016 e 2022



O setor 610 é o maior setor periurbano desta análise, abrangendo uma área de 5640 ha (hectares), ou 25,54% da área de estudo e localiza-se englobando as zonas Norte e Oeste do município. O setor apresenta a classe 3 (Médio) bem distribuída por toda a extensão de sua área, com a presença de manchas em lugares específicos das classes 4 (Alto), 1 (Muito Baixo) e 5 (Muito Alto) (**Figura 11**).

**Figura 11** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 610 nos anos de 2016 e 2022



Pela **Tabela 13**, observa-se como se desenvolveu e evoluiu as variabilidades da fragilidade ambiental para o setor. Para a classe Muito Baixo, nota-se que ela se encontra espalhada pelo setor com poucas manchas de

concentração pela sua extensão, mantendo uma área de 3,70km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Em 2022, a classe teve uma pequena troca, mantendo assim 3,43 km<sup>2</sup> (ou 92,67%) de sua área anterior, e com a classe Médio adquirindo 0,21 km<sup>2</sup> (ou 5,61%) de sua área.

A classe Baixo tinha pouca presença no setor, mantendo uma área de 2,64 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, manteve 2,26 km<sup>2</sup> (ou 85,58%) de sua área anterior, havendo uma troca da classe Médio, adquirindo 0,17 km<sup>2</sup> (ou 6,56%) de sua área, e da classe Muito Baixo, adquirindo 0,13 km<sup>2</sup> (ou 5,10%) de sua área. A classe Médio é a mais extensa pelo setor, mantendo uma área de 28,82 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 23,61 km<sup>2</sup> (ou 81,91%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Muito baixo, adquirindo 2,44 km<sup>2</sup> (ou 8,46%) de sua área, e da classe Muito Alto, adquirindo 1,31 km<sup>2</sup> (ou 4,55%) de sua área.

A classe Alto é mostrada tendo manchas de concentração específicas tanto no meio do setor como na região mais ao Sul, mas manteve uma área de 14,29 km<sup>2</sup> de forma bem dispersa pelo ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 12,005 km<sup>2</sup> (ou 84,34%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Médio, obtendo 1,04 km<sup>2</sup> (ou 7,30%) de sua área, e da classe Baixo, obtendo 0,85 km<sup>2</sup> (ou 5,94%) de sua área.

A classe Muito Alto também é mostrada com manchas de concentração em áreas específicas do setor, mas com sua presença bem dispersa pela área total, mantendo uma área de 4,36 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 3,99 km<sup>2</sup> (ou 91,54%) de sua área anterior, com uma troca pela classe Alto, obtendo 0,19 km<sup>2</sup> (ou 4,31%) de sua área, e da classe Médio, obtendo 0,17 km<sup>2</sup> (ou 3,90%) de sua área.

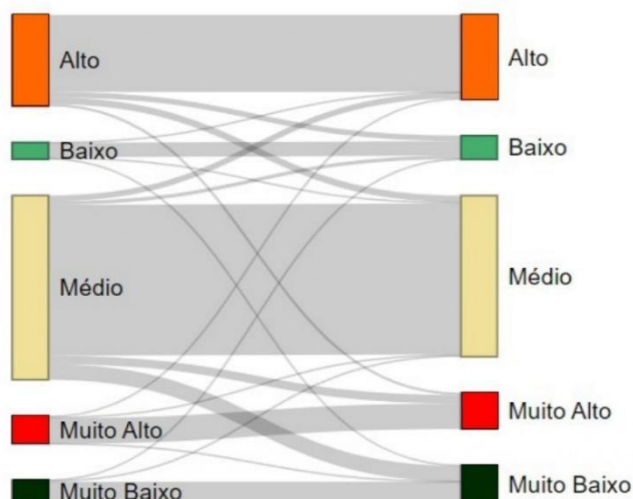
**Tabela 13** Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 610 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	3,43	92,67

2016-2022	Muito Baixo	Baixo	0,06	1,72
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,21	5,61
<b>Subtotal</b>			<b>3,70</b>	
2016-2022	Baixo	Muito Baixo	0,13	5,10
2016-2022	Baixo	Baixo	2,26	85,58
2016-2022	Baixo	Médio	0,17	6,56
2016-2022	Baixo	Alto	0,07	2,76
<b>Subtotal</b>			<b>2,64</b>	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	2,44	8,46
2016-2022	Médio	Baixo	0,55	1,92
2016-2022	Médio	Médio	23,61	81,91
2016-2022	Médio	Alto	0,91	3,16
2016-2022	Médio	Muito Alto	1,31	4,55
<b>Subtotal</b>			<b>28,82</b>	
2016-2022	Alto	Baixo	0,85	5,94
2016-2022	Alto	Médio	1,04	7,30
2016-2022	Alto	Alto	12,05	84,34
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,35	2,42
<b>Subtotal</b>			<b>14,29</b>	
2016-2022	Muito Alto	Muito Baixo	0,01	0,25
2016-2022	Muito Alto	Médio	0,17	3,90
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,19	4,31
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	3,99	91,54
<b>Subtotal</b>			<b>4,36</b>	

Por meio do **Gráfico 7**, consegue-se uma melhor visualização de como ocorreu o processo de evolução da fragilidade ambiental do setor. O gráfico apresenta uma certa “estabilidade” na fragilidade ambiental do setor, mesmo que a classe predominante seja a Médio, ela passou por uma diminuição em 2022 com trocas qualitativas relevantes para a classe Muito Baixo, indicando uma certa recuperação de suas áreas, assim como para a classe Muito Alto, indicando uma piora na exposição do solo aos agentes erosivos pela atividade excessiva. A classe Médio também apresentou uma troca relativamente igual com a classe Alto, que trocou uma pequena quantidade de seus valores em 2016, com uma repetição da troca pela classe Médio em 2022.

**Gráfico 7** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 610 nos anos de 2016 e 2022



A análise do desenvolvimento dos atributos de uso e cobertura da Terra do setor foram feitos de forma em que, a classe Formação Florestal está apresentada de forma bem dispersa pelo setor, mantendo uma área de 8,92 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe manteve uma área de 4,93 km<sup>2</sup> (ou 55,24%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, obtendo 3,85 km<sup>2</sup> (ou 43,17%) de sua área. A classe Silvicultura não possui muita presença neste setor, estando bem dispersa em manchas isoladas, gerando uma área de 1,39 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve apenas 0,72 km<sup>2</sup> (ou 51,72%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,62 km<sup>2</sup> (ou 44,54%) de sua área (**Tabela 14**).

A classe Campo Alagado e Área Pantanosa tem pouca presença neste setor, mantendo uma área de 0,10 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve uma área de 0,03 km<sup>2</sup> (ou 33,20%) de sua área anterior, sendo essa uma grande troca feita com a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,06 km<sup>2</sup> (ou 63,76%) de sua área. A classe Pastagem encontra-se bem distribuída pelo setor, tendo uma área de 11,03 km<sup>2</sup> durante o ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 9,14 km<sup>2</sup> (ou 82,83%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 1,85 km<sup>2</sup> (ou 16,85%) de sua área anterior.

A classe Lavoura Temporária apresenta-se como manchas concentradas e bem distribuídas pelo setor, mantendo uma área de 8,19 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve uma área de 7,08 km<sup>2</sup> (ou 86,44%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 1,07 km<sup>2</sup>

(ou 13,16%) de sua área. A classe Mosaico de Usos é a mais presente e distribuída no setor, tendo uma área de 23,84km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 18,28 km<sup>2</sup> (ou 76,65%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Pastagem, obtendo 3,58 km<sup>2</sup> (ou 15,01%) de sua área.

A classe Área Urbanizada se apresenta com manchas bem definidas dentro do setor, com um destaque para uma mancha localizada na região Nordeste do mesmo, onde há a presença de uma via de transporte importante em sua mancha urbana, influenciando seu desenvolvimento no local, e mantendo uma área de 5,63 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a camada manteve 3,82 km<sup>2</sup> (ou 67,88%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, obtendo 1,24 km<sup>2</sup> (ou 22,12%) de sua área.

A classe Outras Áreas não Vegetadas possui uma pequena presença nesse setor, abrangendo uma área de 0,22 km<sup>2</sup> pelo ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,10 km<sup>2</sup> (ou 45,69%) de sua área anterior, havendo uma troca maior com a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,11 km<sup>2</sup> (ou 50,76%) de sua área, quase mais da metade da área dessa classe. Já a classe Afloramento Rochoso é uma das classes em que foi completamente consumida, onde sua área de 0,05 km<sup>2</sup> foram transformados na classe Mosaico de Usos.

A classe Rio, Lago e Oceano possui pouquíssima presença nesse setor, mantendo uma área de apenas 0,21 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,18 km<sup>2</sup> (ou 84,66%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,02 km<sup>2</sup> (ou 10,82%) de sua área. A classe Lavoura Perene é outra classe que, assim como o Afloramento Rochoso, teve toda a sua área de 0,01 km<sup>2</sup> transformada para a classe Mosaico de Usos.

**Tabela 14** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 610 para os anos de 2016 e 2022

Período	Para	De	km2	%
2022-2016	Formação Florestal	Formação Florestal	4,9329	55,2477
2022-2016	Formação Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,1222	1,3686

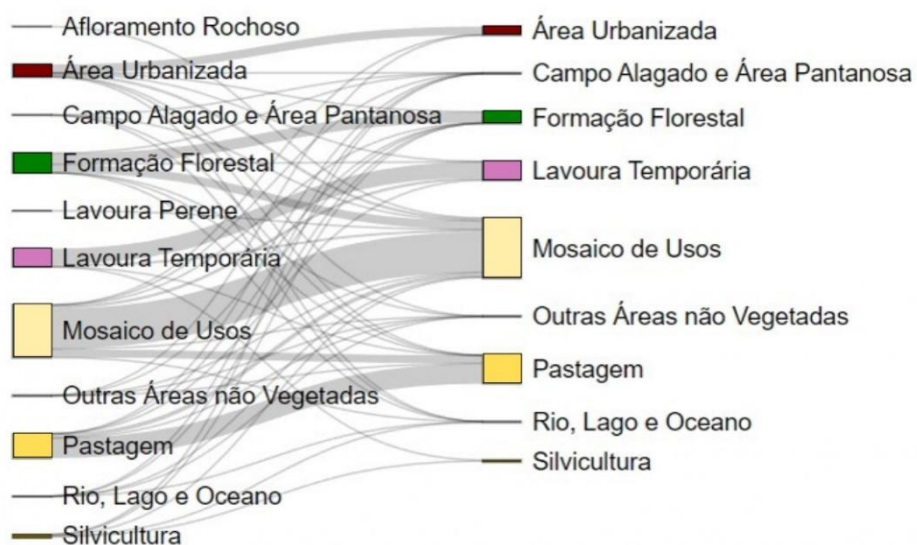
2022-2016	Formação Florestal	Pastagem	0,0023	0,0258
2022-2016	Formação Florestal	Lavoura Temporária	0,0001	0,0011
2022-2016	Formação Florestal	Mosaico de Usos	3,8553	43,1787
2022-2016	Formação Florestal	Outras Áreas não Vegetadas	0,0002	0,0022
2022-2016	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,0157	0,1758
<b>Subtotal</b>			<b>8,9287</b>	
2022-2016	Silvicultura	Formação Florestal	0,0495	3,5408
2022-2016	Silvicultura	Silvicultura	0,7231	51,7239
2022-2016	Silvicultura	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0010	0,0715
2022-2016	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,6227	44,5422
2022-2016	Silvicultura	Rio, Lago e Oceano	0,0017	0,1216
<b>Subtotal</b>			<b>1,3980</b>	
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0339	33,2027
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Pastagem	0,0029	2,8404
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,0651	63,7610
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Rio, Lago e Oceano	0,0002	0,1959
<b>Subtotal</b>			<b>0,1021</b>	
2022-2016	Pastagem	Formação Florestal	0,0008	0,0072
2022-2016	Pastagem	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0025	0,0227
2022-2016	Pastagem	Pastagem	9,1424	82,8386
2022-2016	Pastagem	Lavoura Temporária	0,0178	0,1613
2022-2016	Pastagem	Mosaico de Usos	1,8598	16,8515
2022-2016	Pastagem	Outras Áreas não Vegetadas	0,0131	0,1187
<b>Subtotal</b>			<b>11,0364</b>	
2022-2016	Lavoura Temporária	Silvicultura	0,0168	0,2049
2022-2016	Lavoura Temporária	Pastagem	0,0151	0,1841
2022-2016	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	7,0884	86,4450

2022-2016	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos	1,0796	13,1660
<b>Subtotal</b>			<b>8,1999</b>	
2022-2016	Mosaico de Usos	Formação Florestal	0,3280	1,3753
2022-2016	Mosaico de Usos	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,1729	0,7250
2022-2016	Mosaico de Usos	Pastagem	3,5803	15,0126
2022-2016	Mosaico de Usos	Lavoura Temporária	1,2487	5,2359
2022-2016	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	18,2823	76,6595
2022-2016	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,0030	0,0126
2022-2016	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,1655	0,6940
2022-2016	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,0680	0,2851
<b>Subtotal</b>			<b>23,8487</b>	
2022-2016	Área Urbanizada	Formação Florestal	0,0056	0,0993
2022-2016	Área Urbanizada	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0006	0,0106
2022-2016	Área Urbanizada	Pastagem	0,3822	6,7806
2022-2016	Área Urbanizada	Lavoura Temporária	0,1558	2,7640
2022-2016	Área Urbanizada	Mosaico de Usos	1,2471	22,1246
2022-2016	Área Urbanizada	Área Urbanizada	3,8265	67,8855
2022-2016	Área Urbanizada	Outras Áreas não Vegetadas	0,0093	0,1650
2022-2016	Área Urbanizada	Rio, Lago e Oceano	0,0096	0,1703
<b>Subtotal</b>			<b>5,6367</b>	
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Formação Florestal	0,0001	0,0437
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Pastagem	0,0077	3,3669
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,1161	50,7652
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,0003	0,1312
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,1045	45,6930
<b>Subtotal</b>			<b>0,2287</b>	
2022-2016	Afloramento Rochoso	Mosaico de Usos	0,0056	100,0000
<b>Subtotal</b>			<b>100,0000</b>	

2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,0020	0,9099
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0061	2,7753
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,0238	10,8280
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Outras Áreas não Vegetadas	0,0018	0,8189
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,1861	84,6679
Subtotal			0,2198	
2022-2016	Lavoura Perene	Mosaico de Usos	0,0136	100,0000
Subtotal			100,0000	

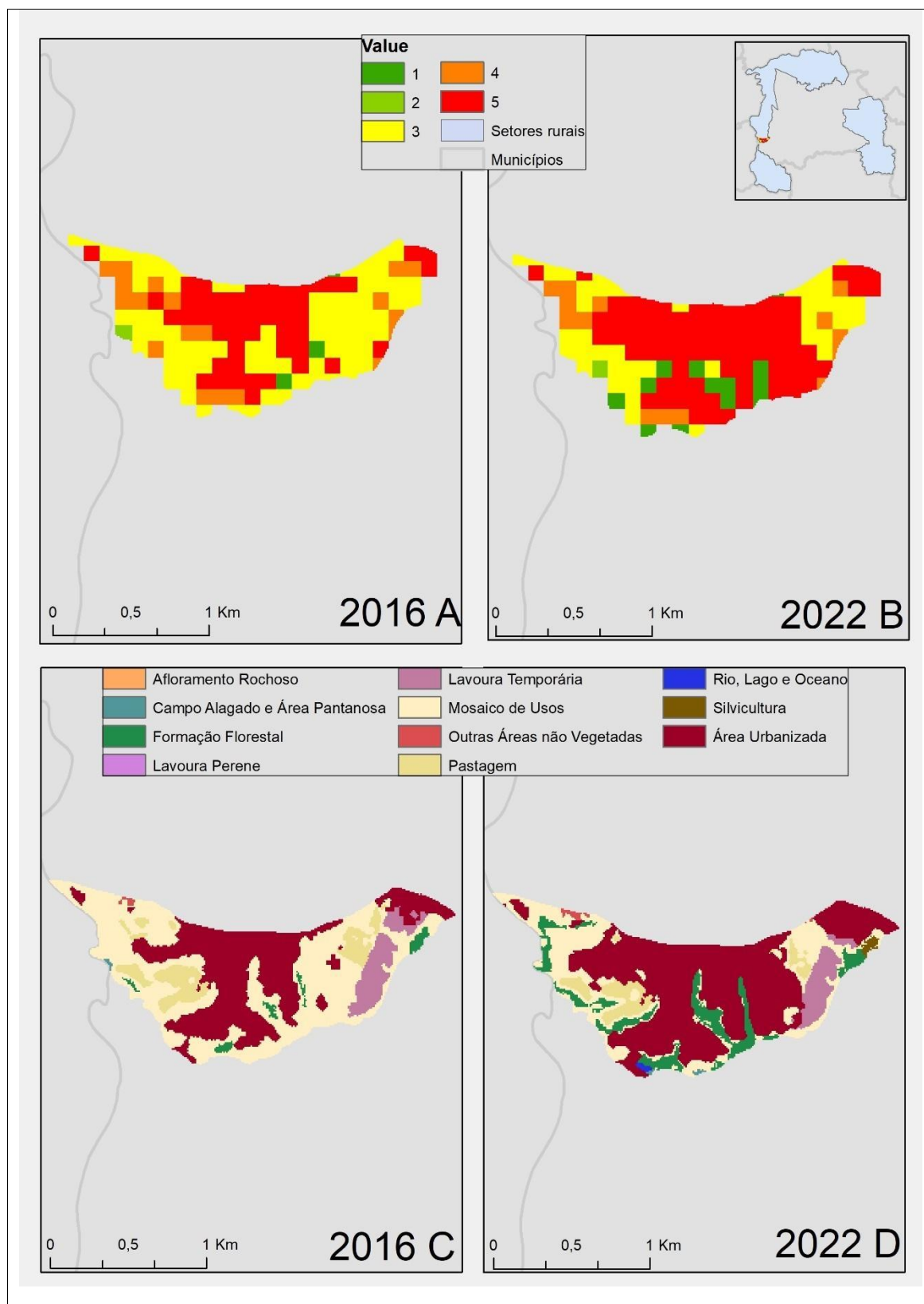
Para o desenvolvimento do **Gráfico 8**, foi necessário realizar a inversão dos anos para que seus dados pudessem ser amostrados e justificados no ano de 2016, já que algumas classes deixaram de aparecer no ano de 2022. Observa-se que a classe de uso e cobertura que mais influenciou o setor em suas mudanças de fragilidade é a de Mosaico de Usos, além de ser a mais presente, teve grandes alterações de seus valores em 2016 indo para a classe de Pastagem, ao mesmo tempo que recebeu uma boa quantidade da classe Formação Florestal em 2022, que foi uma classe que ficou prejudicada em 2022, indicando uma alta na fragilidade do setor. A classe da Área Urbanizada também foi levemente afetada com seus valores de 2016 para 2022, assim como a classe Pastagem obteve um bom aumento em 2022 a partir de uma troca do manejo da classe de Mosaico de Usos de 2016.

**Gráfico 8** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 610 para os anos de 2016 e 2022.



O setor 611 é o menor setor censitário periurbano do município, abrangendo uma área total de 153 ha (hectares), ou 0,69% da área Periurbana total. Está localizado na zona Oeste do município, apresentando uma boa distribuição das classes 3 (Médio) e 5 (Muito Alto) (**Figura 12**).

**Figura 12** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 611 nos anos de 2016 e 2022



Como o setor possui um tamanho pequeno, desenvolvimento das classes de fragilidade, observado pela **Tabela 15**, nos mostra que poucas classes sofreram alterações entre os dois anos analisados. A classe Muito Baixo se

manteve com a mesma área, 0,02 km<sup>2</sup> para ambos os anos. A classe Baixo tinha uma área de 0,01 km<sup>2</sup> no ano de 2016, mas no ano de 2022 foi totalmente trocada pela classe Médio. A classe Médio possuía uma boa distribuição pelo setor, tendo uma área de 0,71 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Já em 2022, a classe pode manter 0,37 km<sup>2</sup> (ou 51,29%) de sua área anterior, tendo uma troca com a classe Muito Alto, obtendo 0,26 km<sup>2</sup> (ou 36,14%) de sua área, e uma troca com a classe Muito Baixo, obtendo 0,09 km<sup>2</sup> (ou 12,57%) de sua área. A classe Alto se encontrava dispersa pelo setor, mantendo uma área de 0,18 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Já em 2022, a classe manteve 0,13 km<sup>2</sup> (ou 70,66%) de sua área anterior, fazendo trocas com as classes Muito Alto, adquirindo 0,04 km<sup>2</sup> (ou 23,37%) de sua área, e Baixo, adquirindo 0,01 km<sup>2</sup> (ou 5,97%) de sua área. A classe Muito Alto também manteve sua mesma área, 0,50km<sup>2</sup> para ambos os anos.

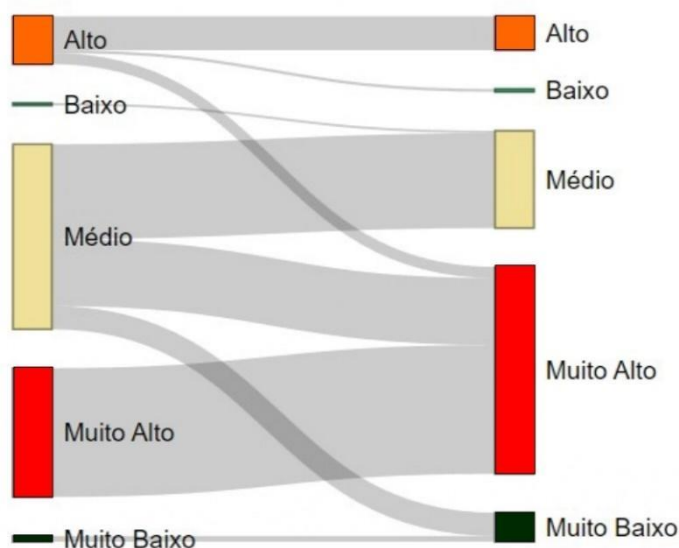
**Tabela 15** Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 611 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	0,02	100
Subtotal			0,02	
2016-2022	Baixo	Médio	0,01	100
Subtotal			0,01	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	0,09	12,57
2016-2022	Médio	Médio	0,37	51,29
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,26	36,14
Subtotal			0,71	
2016-2022	Alto	Baixo	0,01	5,97
2016-2022	Alto	Alto	0,13	70,66
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,04	23,37
Subtotal			0,18	
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	0,50	100
Subtotal			0,50	

O **Gráfico 9** demonstra com maior visibilidade como ocorreram os desenvolvimentos e evoluções das fragilidades ambientais do setor. Nota-se por meio do gráfico que, as classes que mais se alteraram em quantidade de

fragilidade foram as classes Médio e Muito Alto respectivamente, onde mais da metade da classe Médio de 2016 passou para a classe Muito Alto em 2022, assim como uma pequena parte da classe Médio em 2016 passou para a classe Muito Baixo em 2022, mostrando um processo de leve recuperação em algumas áreas do setor. A classe Alto também teve trocas quantitativas em sua fragilidade, passando uma pequena parte de seu valor para a classe Muito Alto em 2022.

**Gráfico 9** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 611 nos anos de 2016 e 2022.



A **Tabela 16** apresenta as mudanças da cobertura e do uso da terra, destaque-se que a formação florestal ocorreu uma recuperação de 0,14 km<sup>2</sup> sob a classe de mosaico de uso, por outro lado, a área urbanizada se expandiu principalmente sobre as áreas de mosaico de usos em 0,27 km<sup>2</sup>.

**Tabela 16** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 611 para os anos de 2016 e 2022.

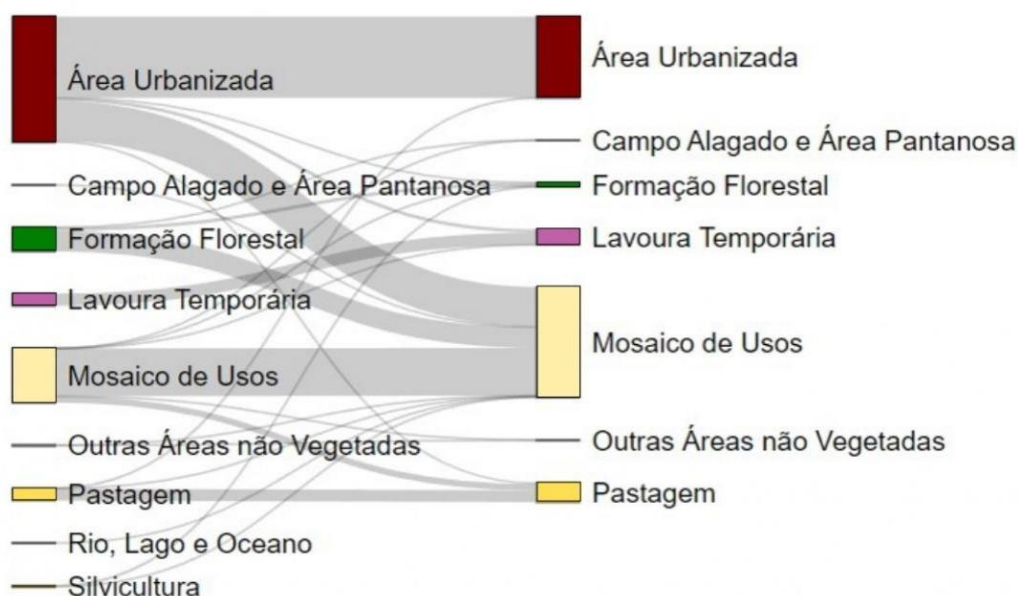
Período	Para	De	km2	%
---------	------	----	-----	---

2022-2016	Formação Florestal	Formação Florestal	0,024	14,251
2022-2016	Formação Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0001	0,060
2022-2016	Formação Florestal	Mosaico de Usos	0,143	85,689
Subtotal			0,166	
2022-2016	Silvicultura	Formação Florestal	0,005	52,326
2022-2016	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,004	47,674
Subtotal			0,009	
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,003	0,003
Subtotal			100,000	
2022-2016	Pastagem	Pastagem	0,082	97,055
2022-2016	Pastagem	Mosaico de Usos	0,002	2,827
2022-2016	Pastagem	Área Urbanizada	0,0001	0,118
Subtotal			0,085	
2022-2016	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	0,085	0,085
Subtotal			100,000	
2022-2016	Mosaico de Usos	Formação Florestal	0,001	0,184
2022-2016	Mosaico de Usos	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,002	0,446
2022-2016	Mosaico de Usos	Pastagem	0,044	11,572
2022-2016	Mosaico de Usos	Lavoura Temporária	0,0001	0,026
2022-2016	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	0,334	87,694
2022-2016	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,0003	0,079
Subtotal			0,381	
2022-2016	Área Urbanizada	Formação Florestal	0,0004	0,046
2022-2016	Área Urbanizada	Pastagem	0,009	1,070
2022-2016	Área Urbanizada	Lavoura Temporária	0,023	2,585
2022-2016	Área Urbanizada	Mosaico de Usos	0,279	31,720
2022-2016	Área Urbanizada	Área Urbanizada	0,567	64,579
Subtotal			0,878	
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,004	55,224

2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,003	44,776
Subtotal			0,007	
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,004	0,004
Subtotal			100,000	

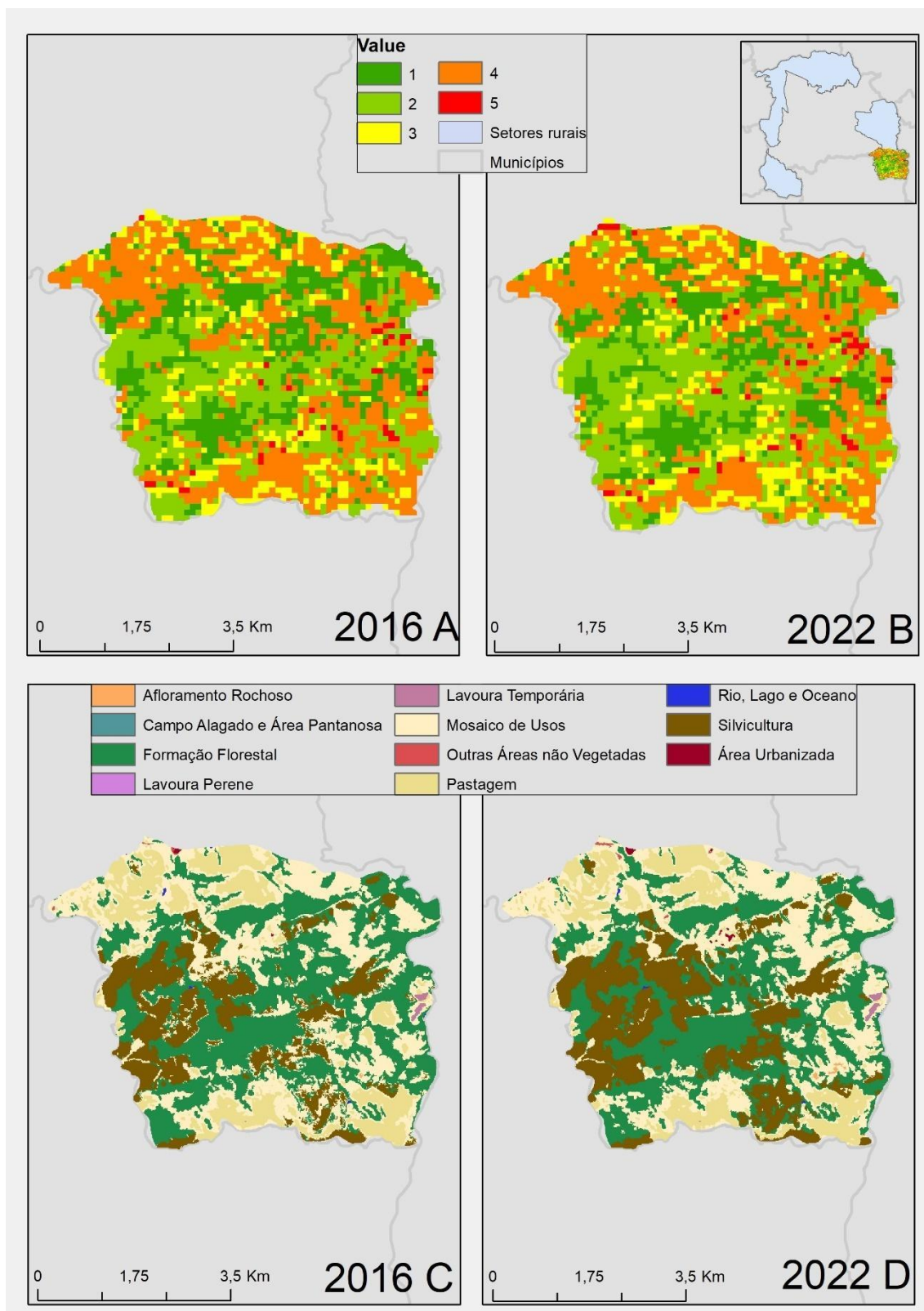
O Gráfico 10 apresenta a representação Sankey observa-se o avanço da classe Áreas Urbanas sobre as outras classes, e a classe Mosaico de Usos sendo substituída pelas classes Áreas Urbanas, Lavouras Temporária e Formação Florestal.

**Gráfico 10** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 611 para os anos de 2016 e 2022.



O setor 612 está localizado na parte Sul da zona Leste do Município, abrangendo uma área de 2978 ha (hectares) ou 13,49% da área Periurbana total. É um dos únicos setores que possui uma grande distribuição concentrada das classes 2 (Baixo), 1 (Muito Baixo) e 4 (Alta) (**Figura 13**).

**Figura 13** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 612 nos anos de 2016 e 2022.



A análise do desenvolvimento de fragilidade do setor é feita considerando que, a classe Muito Baixo tinha uma boa distribuição pelo setor no ano de 2016, abrangendo uma área de 6,47 km<sup>2</sup>. Em 2022, a classe manteve 5,56 km<sup>2</sup> (ou

86,01%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Alto, adquirindo 0,65 km<sup>2</sup> (ou 10,11%) de sua área. A classe Baixo também se mostrava muito presente e bem distribuída pelo setor, mantendo uma área de 8,16 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 7,42 km<sup>2</sup> (ou 90,98%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Alto, adquirindo 0,57 km<sup>2</sup> (ou 6,98%) de sua área (**Tabela 17**).

A classe Médio é bem menos presente nesse setor, abrangendo uma área de 3,68 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 3,23 km<sup>2</sup> (ou 87,75%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Baixo, obtendo 0,22 km<sup>2</sup> (ou 6,01%) de sua área. A classe Alto também era bem presente no setor, com manchas bem definidas ao Norte e ao Sul do setor, abrangendo assim uma área de 10,27 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 8,35 km<sup>2</sup> (ou 81,33%) de sua área anterior, havendo trocas com as classes Baixo, obtendo 0,84 km<sup>2</sup> (ou 8,20%) de sua área, e da classe Médio, obtendo 0,66 km<sup>2</sup> (ou 6,43%) de sua área. A classe Muito Alto tinha pouca presença nesse setor, abrangendo uma área de 0,43 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,37 km<sup>2</sup> (ou 85,16%) de sua área anterior, havendo uma troca com as classes Alto, obtendo 0,04 km<sup>2</sup> (ou 9,72%) de sua área, e da classe Médio, obtendo 0,02 km<sup>2</sup> (ou 5,12%) de sua área (**Tabela 17**).

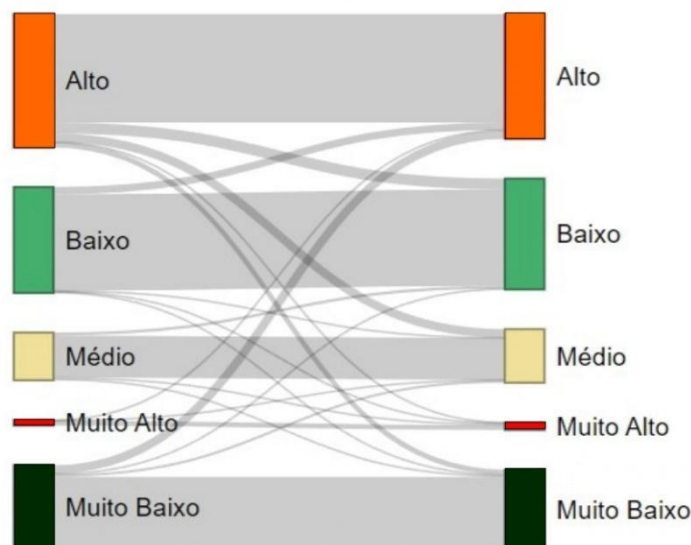
**Tabela 17** Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 612 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km <sup>2</sup>	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	5,56	86,01

2016-2022	Muito Baixo	Baixo	0,06	0,96
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,19	2,93
2016-2022	Muito Baixo	Alto	0,65	10,11
Subtotal			6,47	
2016-2022	Baixo	Muito Baixo	0,05	0,65
2016-2022	Baixo	Baixo	7,42	90,98
2016-2022	Baixo	Médio	0,03	0,38
2016-2022	Baixo	Alto	0,57	6,98
2016-2022	Baixo	Muito Alto	0,08	1,00
Subtotal			8,16	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	0,13	3,55
2016-2022	Médio	Baixo	0,22	6,01
2016-2022	Médio	Médio	3,23	87,75
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,10	2,69
Subtotal			3,68	
2016-2022	Alto	Muito Baixo	0,38	3,74
2016-2022	Alto	Baixo	0,84	8,20
2016-2022	Alto	Médio	0,66	6,43
2016-2022	Alto	Alto	8,35	81,33
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,03	0,29
Subtotal			10,27	
2016-2022	Muito Alto	Médio	0,02	5,12
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,04	9,72
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	0,37	85,16
Subtotal			0,43	

O **Gráfico 11** apresenta as alterações da fragilidade desse setor, observa-se a grande concentração tanto de áreas mais fragilizadas com a classe Alto, assim como uma grande concentração de áreas mais estáveis com a classe Baixo (assim como uma boa concentração de áreas bem preservadas, com a classe Muito Baixo). A classe Alto em 2016 teve uma troca de quantidade, cedendo seu espaço para as classes Baixo, Médio e uma pequena concentração da Muito Baixo em 2022, mas ela também ganhou áreas a partir das classes Baixo e Muito Baixo em 2022. De forma geral, o setor censitário 612 é um dos setores com sua fragilidade ambiental mais equilibrada.

**Gráfico 11** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 612 nos anos de 2016 e 2022.



Considerando que este setor possui os maiores níveis de declividade da área de estudo, o desenvolvimento dos atributos de uso e cobertura da Terra para o setor se dá de forma que, a classe de Formação Florestal é a mais presente no setor e a mais distribuída nele, abrangendo uma área de 11,78 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 10,15 km<sup>2</sup> (ou 86,21%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 1,54 km<sup>2</sup> (ou 13,08%) de sua área. A classe Silvicultura é a segunda mais presente e mais distribuída pelo setor, com manchas específicas e abrangendo uma área de 5,40 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 5,39 km<sup>2</sup> (ou 99,94%) de sua área anterior, com quase nenhuma troca significativa (**Tabela 18**).

A classe de Pastagem se encontra distribuída pela região Norte e pela região Sul do setor, abrangendo uma área de 4,16 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 3,46 km<sup>2</sup> (ou 83,19%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, obtendo 0,68 km<sup>2</sup> (ou 16,43%) de sua área. A classe Lavoura Temporária teve uma presença mínima no setor, ficando mais localizada e isolada na região Leste e abrangendo uma área de 0,059 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve praticamente toda a sua área, cobrindo 0,059 km<sup>2</sup> (ou 99,66%) de sua área anterior, havendo uma troca mínima com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,0002 km<sup>2</sup> (ou 0,34%) de sua área. A classe Mosaico de Usos se apresenta de forma bem distribuída e dispersa pelo setor, abrangendo uma área de 9,67 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe

manteve 6,87 km<sup>2</sup> (ou 71,04%) de sua área anterior, havendo trocas com a classe Silvicultura, adquirindo 1,54 km<sup>2</sup> (ou 15,95%) de sua área, e da classe Formação Florestal, adquirindo 0,86 km<sup>2</sup> (ou 8,97%) de sua área.

A classe Área Urbanizada se apresenta em apenas ao Norte do setor como uma mancha pequena de urbanização, mantendo assim a mesma área para ambos os anos, 0,013 km<sup>2</sup>. A classe Outras Áreas não Vegetadas possui uma presença mínima no setor, abrangendo uma área de 0,013 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a área manteve 0,004 km<sup>2</sup> (ou 33,07%) de sua área anterior, ficando com menos da metade de sua área do ano de 2016. Isso se deve às trocas que ocorreram com as classes Área Urbanizada, adquirindo 0,005 km<sup>2</sup> (ou 41,53%) de sua área, e da classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,003 km<sup>2</sup> (ou 25,38%) de sua área. A classe Afloramento Rochoso possui pouco destaque no setor mesmo sendo a região com maior declividade da área de estudo, ocorrendo em espaços específicos do setor e abrangendo apenas 0,004 km<sup>2</sup> no ano de 2016.

Em 2022 sua área não sofreu grandes mudanças, mantendo uma área de 0,004 km<sup>2</sup> (ou 97,50 %) de sua área anterior, com uma mínima troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo uma área pouquíssimo expressiva de 0,0001 km<sup>2</sup> (ou 2,50%) de sua área. A classe Rio, Lago e Oceano também se apresenta no setor em pouca abrangência e em lugares específicos, tendo uma área de apenas 0,017 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,014 km<sup>2</sup> (ou 81,06%) de sua área anterior, havendo trocas pequenas com as classes Mosaico de Usos, obtendo 0,002 km<sup>2</sup> (ou 13,60%) de sua área, e da classe Formação Florestal, adquirindo 0,001 km<sup>2</sup> (ou 5,32%) de sua área (**Tabela 18**).

**Tabela 18** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 612 para os anos de 2016 e 2022.

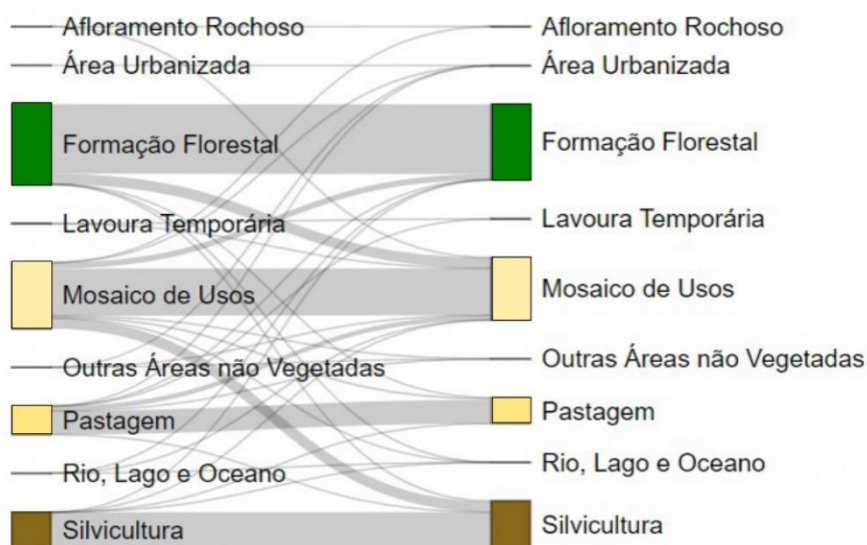
Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Formação Florestal	Formação Florestal	10,158	86,219
2016-2022	Formação Florestal	Silvicultura	0,077	0,653

2016-2022	Formação Florestal	Pastagem	0,005	0,039
2016-2022	Formação Florestal	Mosaico de Usos	1,541	13,082
2016-2022	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,001	0,008
Subtotal			11,782	
2016-2022	Silvicultura	Formação Florestal	0,0001	0,002
2016-2022	Silvicultura	Silvicultura	5,398	99,941
2016-2022	Silvicultura	Pastagem	0,0004	0,007
2016-2022	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,003	0,048
2016-2022	Silvicultura	Rio, Lago e Oceano	0,0001	0,002
Subtotal			5,401	
2016-2022	Pastagem	Formação Florestal	0,006	0,144
2016-2022	Pastagem	Silvicultura	0,004	0,101
2016-2022	Pastagem	Pastagem	3,467	83,194
2016-2022	Pastagem	Lavoura Temporária	0,0001	0,002
2016-2022	Pastagem	Mosaico de Usos	0,685	16,439
2016-2022	Pastagem	Área Urbanizada	0,005	0,110
2016-2022	Pastagem	Outras Áreas não Vegetadas	0,0004	0,010
Subtotal			4,167	
2016-2022	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	0,059	99,660
2016-2022	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos	0,0002	0,340
Subtotal			0,059	
2016-2022	Mosaico de Usos	Formação Florestal	0,869	8,975
2016-2022	Mosaico de Usos	Silvicultura	1,544	15,954
2016-2022	Mosaico de Usos	Pastagem	0,320	3,305
2016-2022	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	6,875	71,046
2016-2022	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,019	0,196
2016-2022	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,026	0,265
2016-2022	Mosaico de Usos	Afloramento Rochoso	0,024	0,250
2016-2022	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,001	0,009
Subtotal			9,677	
2016-2022	Área Urbanizada	Área Urbanizada	0,013	100,000
Subtotal			100,000	
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,003	25,385
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,005	41,538
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,004	33,077
Subtotal			0,013	
2016-2022	Afloramento Rochoso	Mosaico de Usos	0,0001	2,500
2016-2022	Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso	0,004	97,500
Subtotal			0,004	
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,001	5,325
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,002	13,609
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,014	81,065
Subtotal			0,017	

O **Gráfico 12** nota-se como há uma grande concentração da classe Formação Florestal no setor, cedendo uma pequena parte de sua área para a

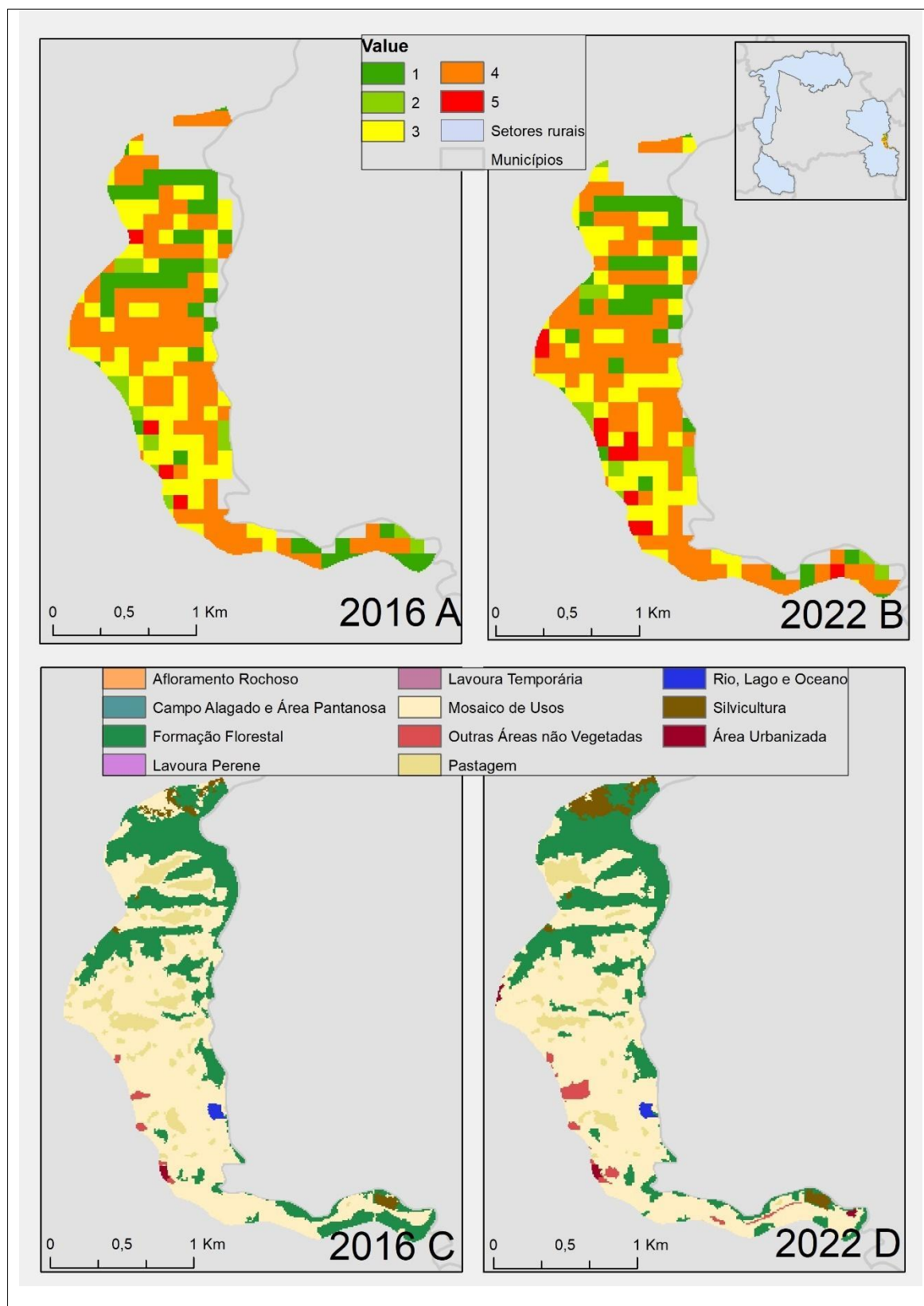
classe Mosaico de Usos em 2022, mas também recebendo da mesma no mesmo ano. A classe Mosaico de Usos teve uma grande troca de espaços para Silvicultura de 2016 para 2022, mas manteve uma área próxima à anterior por expandir sua área nas classes de Formação Florestal e de Pastagem.

**Gráfico 12** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 612 para os anos de 2016 e 2022.



O setor 613 está localizado na zona Leste do município e é o segundo menor setor da área de estudo, ocupando uma área de 243 ha (hectares) ou 1,10% da área total periurbana. Nele, percebe-se uma boa distribuição das classes 4 (Alto) e da classe 3 (Médio), com algumas presenças notáveis da classe 1 (Muito Baixo) em sua área (**Figura 14**).

**Figura 14** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 613 nos anos de 2016 e 2022.



A análise do desenvolvimento da fragilidade desse setor foi feita de forma que, a classe Muito Baixo tem uma presença bem estabelecida no setor, já que seu tamanho menor e sua localização tornam mais propensos a presença e

preservação desta classe, mantendo uma área de 0,41 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,28 km<sup>2</sup> (ou 69,67%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Alto, obtendo 0,10 km<sup>2</sup> (ou 26,03%) de sua área. A classe Baixo tinha pouca presença no setor, mantendo uma área de 0,11 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,085 km<sup>2</sup> (ou 77,36%) de sua área anterior, havendo uma troca com as classes Muito Alto, obtendo 0,015 km<sup>2</sup> (ou 13,54%) de sua área, e da classe Muito Baixo, obtendo 0,010 km<sup>2</sup> (ou 9,09%) de sua área (**Tabela 19**).

A classe Médio tem sua presença espalhada pelo setor, abrangendo uma área de 0,61 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,55 km<sup>2</sup> (ou 90,09%) de sua área anterior, havendo trocas com as áreas Muito baixo, obtendo 0,031 km<sup>2</sup> (ou 5,02%) de sua área, e da classe Muito Alto, obtendo 0,030 km<sup>2</sup> (ou 4,89%) de sua área. A classe Alto é a classe com mais presença no setor, estando bem distribuída e abrangendo uma área de 0,98 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,91 km<sup>2</sup> (ou 92,61%) de sua área anterior, havendo trocas com as classes Muito Baixo, obtendo 0,034 km<sup>2</sup> (ou 3,44%) de sua área, e da classe Muito Alto, obtendo 0,027 km<sup>2</sup> (ou 2,69%) de sua área. A classe Muito Alto possui pouquíssima presença no setor, ocorrendo em espaços específicos e abrangendo uma área de 0,041 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 0,031 km<sup>2</sup> (ou 75,43%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Alto, adquirindo 0,010 km<sup>2</sup> (ou 24,07%) de sua área (**Tabela 19**).

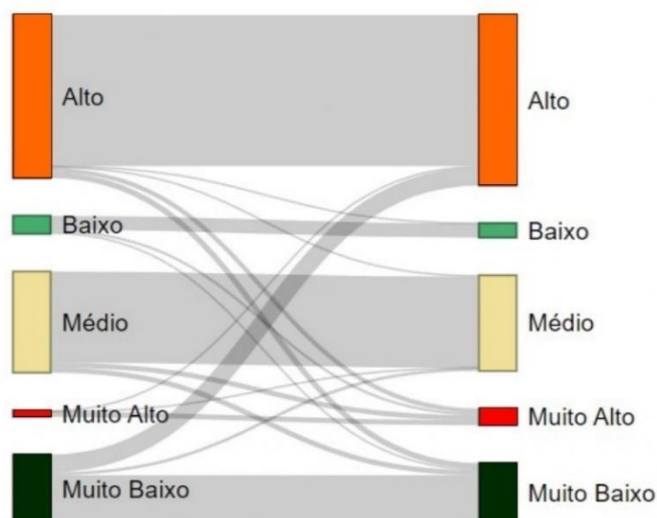
**Tabela 19** Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 613 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	0,289	69,672
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,018	4,291
2016-2022	Muito Baixo	Alto	0,108	26,037

Subtotal			0,415	
2016-2022	Baixo	Muito Baixo	0,010	9,091
2016-2022	Baixo	Baixo	0,085	77,364
2016-2022	Baixo	Muito Alto	0,015	13,545
Subtotal			0,110	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	0,031	5,020
2016-2022	Médio	Médio	0,553	90,090
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,030	4,890
Subtotal			0,614	
2016-2022	Alto	Muito Baixo	0,034	3,447
2016-2022	Alto	Baixo	0,003	0,293
2016-2022	Alto	Médio	0,009	0,950
2016-2022	Alto	Alto	0,916	92,611
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,027	2,699
Subtotal			0,989	
2016-2022	Muito Alto	Médio	0,0002	0,491
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,010	24,079
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	0,031	75,430
Subtotal			0,041	

No **Gráfico 13** percebe-se que a classe com maior presença em ambos os anos é a classe Alto, tendo pequenas trocas em 2016 para as classes Muito Baixo e Muito Alto, mas recebendo mais área em 2022 da classe Muito Baixo. A classe Médio é a classe com maior estabilidade de fragilidade no setor, também tendo pequenas trocas com as classes Muito Baixo e Muito Alto, mas perdendo pouco de sua área total. A classe Muito Baixo, por mais que tenha uma menor presença, está bem estabelecida e dispersa pelo setor, tendo uma grande troca em 2016, mas também ganhando áreas em 2022 das classes Médio e Alto.

**Gráfico 13** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 613 nos anos de 2016 e 2022.



Como este setor também está localizado na região com presença de maiores declividades do que outras áreas do estudo, o desenvolvimento dos atributos de uso e ocupação da Terra se desenvolve de forma que, a classe Formação Florestal está localizada mais ao Norte do setor, com manchas bem definidas e algumas presenças bem estabelecidas também na região Sul, abrangendo uma área de 0,74 km<sup>2</sup> no ano de 2016.

Em 2022, a classe manteve 0,63 km<sup>2</sup> (ou 85,14%) de sua área anterior, havendo trocas com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,10 km<sup>2</sup> (ou 14,20%) de sua área. A classe Silvicultura possui pouca presença no setor, se estabelecendo em áreas ao Norte e poucas ao Sul do setor, abrangendo assim uma área de 0,043 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve, relativamente, toda a sua área anterior, 0,043 km<sup>2</sup> (ou 99,53%), tendo apenas uma mínima troca com a classe Formação Florestal, adquirindo 0,0002 km<sup>2</sup> (ou 0,46%) de sua área (**Tabela 20**).

A classe Pastagem está dispersa pela região central do setor em manchas específicas, abrangendo uma área de 0,23 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,089 km<sup>2</sup> (ou 38,70%) de sua área anterior, havendo uma troca bem considerável de mais da metade da sua área com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,14 km<sup>2</sup> (ou 60,90%) de sua área. A classe Mosaico de Usos está presente e bem definida na região central do setor, abrangendo uma área de 1,50 km<sup>2</sup> no ano de 2016.

Em 2022, a classe manteve 1,28 km<sup>2</sup> (ou 85,44%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Formação Florestal, adquirindo 0,083 km<sup>2</sup> (ou 5,49%) de sua área. A classe Área Urbanizada possui pouquíssima presença no setor, e devido a sua localização com relação ao centro da cidade, assim como o nível de declividade do setor e os tipos de usos estabelecidos em toda sua área, essa classe manteve sua área de 0,005 km<sup>2</sup> para ambos os anos.

A classe outras Áreas não Vegetadas possui pouca presença no setor, mas se destaca com manchas pequenas e específicas a Oeste do Setor, mantendo uma área de 0,015 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 0,014 km<sup>2</sup> (ou 92,81%) de sua área anterior, havendo uma pequena troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,001 km<sup>2</sup> (ou 6,53%) de sua área.

A classe Rio, Lago e Oceano possui uma mancha bem estabelecida a Leste do setor, abrangendo uma área de 0,011 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,010 km<sup>2</sup> (ou 88,78%) de sua área anterior, havendo uma pequena troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,001 km<sup>2</sup> (ou 7,47%) de sua área (**Tabela 20**).

**Tabela 20** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 613 para os anos de 2016 e 2022

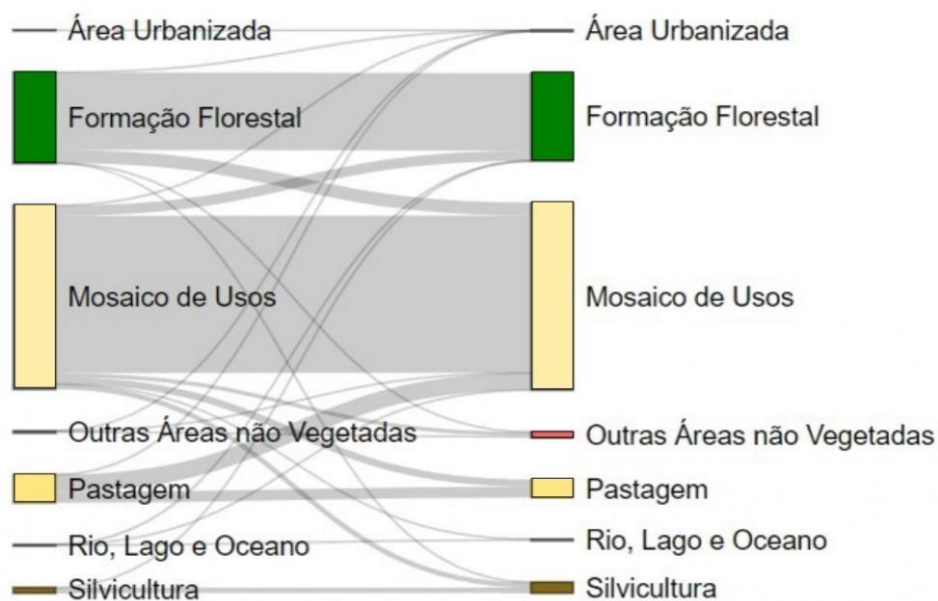
Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Formação Florestal	Formação Florestal	0,633	85,140
2016-2022	Formação Florestal	Silvicultura	0,003	0,430
2016-2022	Formação Florestal	Mosaico de Usos	0,106	14,201
2016-2022	Formação Florestal	Área Urbanizada	0,0002	0,027
2016-2022	Formação Florestal	Outras Áreas não Vegetadas	0,002	0,202
Subtotal			0,744	
2016-2022	Silvicultura	Formação Florestal	0,0002	0,468
2016-2022	Silvicultura	Silvicultura	0,043	99,532
Subtotal			0,043	
2016-2022	Pastagem	Pastagem	0,089	38,705
2016-2022	Pastagem	Mosaico de Usos	0,140	60,904
2016-2022	Pastagem	Área Urbanizada	0,001	0,391
Subtotal			0,230	
2016-2022	Mosaico de Usos	Formação Florestal	0,083	5,498
2016-2022	Mosaico de Usos	Silvicultura	0,041	2,719
2016-2022	Mosaico de Usos	Pastagem	0,058	3,863
2016-2022	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	1,285	85,441

2016-2022	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,005	0,332
2016-2022	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,032	2,134
2016-2022	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,0002	0,013
Subtotal			1,504	
2016-2022	Área Urbanizada	Área Urbanizada	0,005	0,005
Subtotal			100,000	
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,001	6,536
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,0001	0,654
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,014	92,810
Subtotal			0,015	
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,0004	3,738
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,001	7,477
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,010	88,785
Subtotal			0,011	

No **Gráfico 14** nota-se a maior presença, também, da classe Mosaico de Usos para o setor, passando por muitas trocas no ano de 2016, sendo a mais significativas a sua troca para as classes de Formação Florestal, Pastagem, Silvicultura e Outras Áreas não Vegetadas, mas em 2022 a classe recupera grandes áreas das classes Formação Florestal e Pastagem.

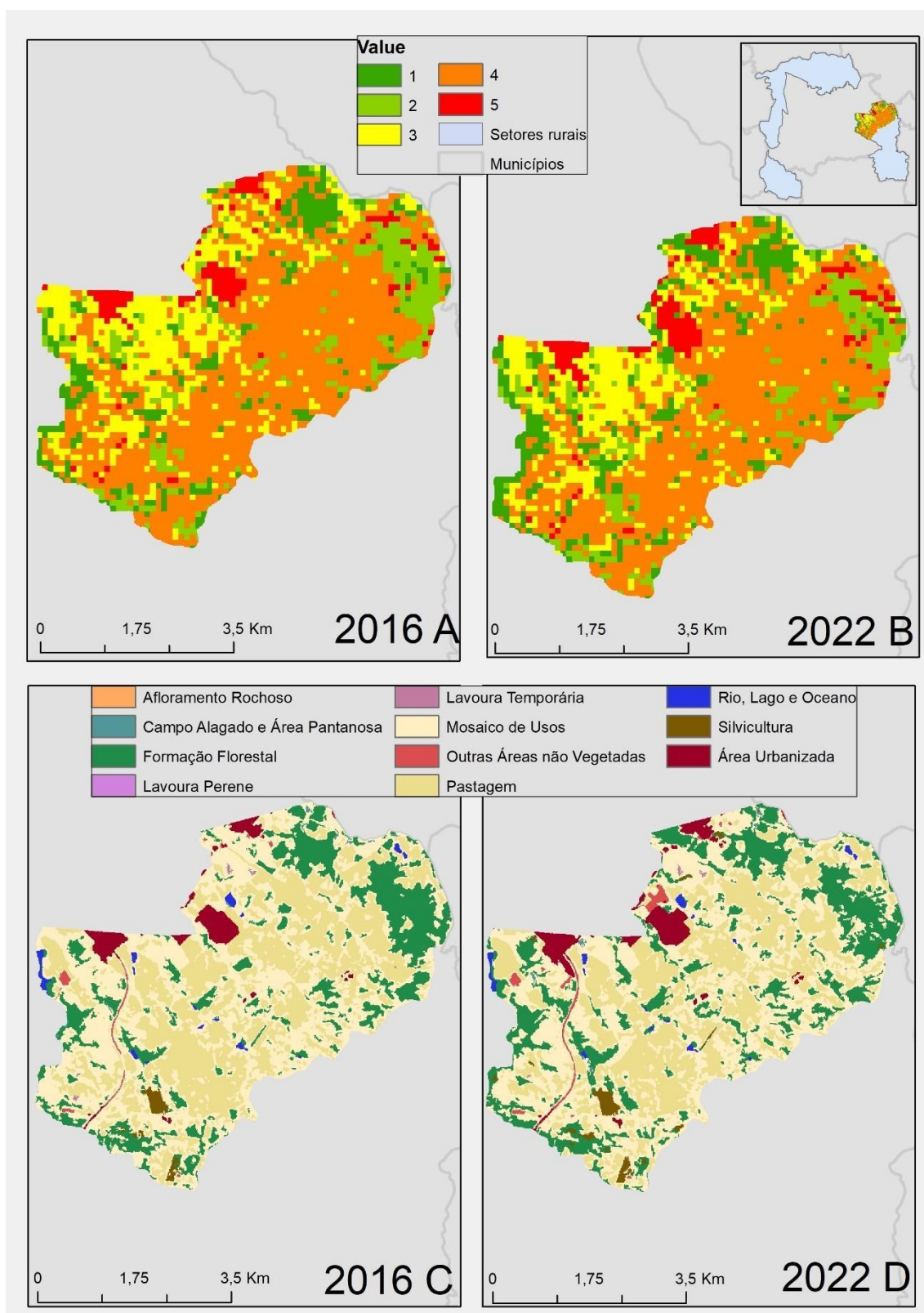
A classe de Formação Florestal é a segunda com maior presença pelo setor, passando por processos de troca de áreas intensas com a classe Mosaico de Usos em 2016, mas recuperando-as em 2022. A classe Pastagem foi a que mais sofreu perdas em área, tendo uma grande troca com a classe Mosaico de Usos para 2022.

**Gráfico 14** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 613 para os anos de 2016 e 2022.



O setor 614 localiza-se na região Leste do município, abrangendo uma área de 2995 ha (hectares) ou 13,56% da área periurbana total. Percebesse uma grande concentração das classes 4 (Alto), 3 (Médio) e manchas em zonas específicas da classe 5 (Muito Alto) (**Figura 15**). Em relação aos anos de Figura A e Figura B, observa-se um aumento da área de Muita alta fragilidade concentrada na porção central, o que pode estar associado ao aumento do crescimento da área urbana (Figura 15C e D).

**Figura 15** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 614 nos anos de 2016 e 2022.



O desenvolvimento da análise de fragilidade para o setor foi feito de forma que, a classe Muito Baixo se encontra mais dispersada pelo setor, ocorrendo com maior frequência na região Noroeste dele, abrangendo uma área de 2,96

km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 2,66 km<sup>2</sup> (ou 89,76%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Alto, obtendo 0,22 km<sup>2</sup> (ou 7,33%) de sua área (**Tabela 21**).

Ainda, a classe Baixo ocorre também de forma dispersa pelo setor, mas com uma mancha bem definida na região Nordeste do setor, abrangendo uma área de 3,34 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 2,70 km<sup>2</sup> (ou 80,87%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Alto, obtendo 0,38 km<sup>2</sup> (ou 11,30%) de sua área.

A classe Médio se encontra com maior ocorrência e concentração na região Oeste do setor, mantendo uma área de 6,19 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 5,52 km<sup>2</sup> (ou 89,11%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Muito Baixo, obtendo 0,44 km<sup>2</sup> (ou 7,11%) de sua área. A classe Alto é a mais presente do setor, ocorrendo com uma mancha grande e bem estabelecida e concentrada no centro do setor, indo de Nordeste a Sudoeste nele, abrangendo uma área de 15,57 km<sup>2</sup> no ano de 2016.

Em 2022, a classe manteve 14,43 km<sup>2</sup> (ou 92,71%) de sua área anterior, havendo uma pequena troca com a classe Muito Baixo, obtendo 0,63 km<sup>2</sup> (ou 4,06%) de sua área. A classe Muito Alto ocorre em manchas bem específicas e concentradas na região Norte e Noroeste do setor, com algumas poucas dispersões em outras áreas, abrangendo uma área de 1,39 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 1,38 km<sup>2</sup> (ou 99,21%) de sua área anterior, tendo apenas uma pequena troca com a classe Alto, adquirindo 0,01 km<sup>2</sup> (ou 0,79%) de sua área (**Tabela 21**).

**Tabela 21** - Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 614 para os anos de 2016 e 2022.

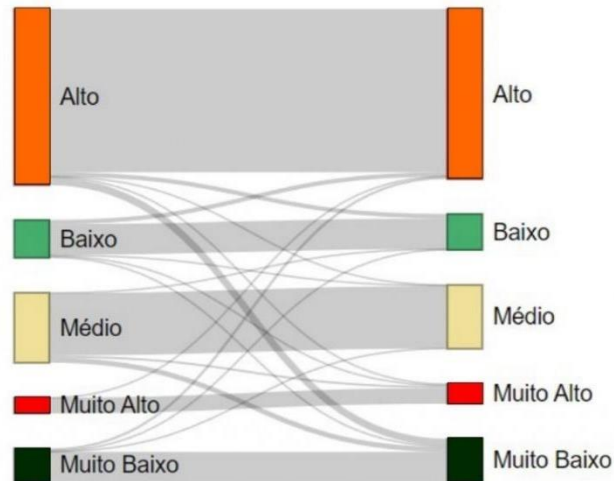
Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	2,66	89,76
2016-2022	Muito Baixo	Baixo	0,05	1,68
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,04	1,23

2016-2022	Muito Baixo	Alto	0,22	7,33
Subtotal			2,96	
2016-2022	Baixo	Muito Baixo	0,10	2,94
2016-2022	Baixo	Baixo	2,70	80,87
2016-2022	Baixo	Médio	0,07	2,01
2016-2022	Baixo	Alto	0,38	11,30
2016-2022	Baixo	Muito Alto	0,10	2,88
Subtotal			3,34	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	0,44	7,11
2016-2022	Médio	Baixo	0,05	0,84
2016-2022	Médio	Médio	5,52	89,11
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,18	2,94
Subtotal			6,19	
2016-2022	Alto	Muito Baixo	0,63	4,06
2016-2022	Alto	Baixo	0,38	2,44
2016-2022	Alto	Médio	0,02	0,13
2016-2022	Alto	Alto	14,43	92,71
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,10	0,66
Subtotal			15,57	
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,01	0,79
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	1,38	99,21
Subtotal			1,39	

O **Gráfico 15** observa-se que neste setor, para ambos os anos temos uma grande presença da classe Alto ocupando seu território, trocando pouco de sua área para a classe Muito Baixo em 2022, assim como adquiriu poucas áreas das classes Baixo, Muito Alto e Muito Baixo.

A classe Médio, sendo a segunda mais presente do setor, teve pouca variação em sua área, havendo trocas com a classe Muito Baixo em 2022. A classe Muito Baixo foi a classe que mais adquiriu áreas em 2022, trocando com as áreas Médio e Alto significativamente.

**Gráfico 15** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 614 nos anos de 2016 e 2022.



O desenvolvimento dos atributos de uso e cobertura da Terra do setor foi feito de forma que, a classe Formação Florestal ocorre numa presença maior com manchas maiores na região Nordeste do setor, mas possui manchas dispersas pelo setor, abrangendo uma área de 6,40 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 4,66 km<sup>2</sup> (ou 72,83%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 1,70 km<sup>2</sup> (ou 26,60%) de sua área. Ainda, a classe Silvicultura ocorre com manchas bem específicas na região Sudoeste do setor, abrangendo uma área de 0,35 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,21 km<sup>2</sup> (ou 59,09%) de sua área anterior, havendo trocas significativas com as classes Mosaico de Usos, adquirindo 0,089 km<sup>2</sup> (ou 24,82%) de sua área, e a classe Formação Florestal, adquirindo 0,05 km<sup>2</sup> (ou 15,18%) de sua área (**Tabela 21**).

A classe Campo Alagado e Área Pantanosa possui pouca presença no setor, mantendo apenas uma área de 0,051 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,010 km<sup>2</sup> (ou 20,51%) de sua área anterior, havendo uma troca significativa para a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,04 km<sup>2</sup> (ou 79,29%) de sua área. A classe Pastagem se apresenta bem diversificada e com manchas bem estabelecidas pelo centro do setor, abrangendo uma área de 9,52 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 8,51 km<sup>2</sup> (ou 89,38%) de sua área anterior, havendo uma troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 1,01 km<sup>2</sup> (ou 10,60%) de sua área.

A classe Lavoura Temporária se apresenta com pequenas manchas ao Norte do setor, e para ambos os anos ela manteve sua área de 0,021 km<sup>2</sup>. A classe Mosaico de Usos é a classe com maior ocorrência pelo setor, estando

bem presente, dispersa e mesclada com a classe Pastagem, pelo centro do setor, abrangendo uma área de 13,78 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Para o ano de 2022, a classe manteve 10,94 km<sup>2</sup> (ou 79,36%) de sua área anterior, havendo uma troca relevante com a classe Pastagem, adquirindo 1,95 km<sup>2</sup> (ou 14,15%) de sua área. A classe Área Urbanizada ocorre em manchas específicas pela região Noroeste do setor, com um destaque na região Oeste que apresenta uma via de transporte importante no setor, o que intensifica e facilita o acesso à mancha urbana, abrangendo uma área de 1,03 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,86 km<sup>2</sup> (ou 83,67%) de sua área anterior, havendo trocas significativas com as classes Pastagem, adquirindo 0,08 km<sup>2</sup> (ou 8,50%) de sua área, e da classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,07 km<sup>2</sup> (ou 6,96%) de sua área.

A classe Outras Áreas não Vegetadas possui pouca presença no setor, com manchas específicas ocorrendo à Noroeste e Oeste no setor, abrangendo uma área de 0,30 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,13 km<sup>2</sup> (ou 42,19%) de sua área anterior, havendo trocas significativas com as classes Mosaico de Usos, adquirindo 0,11 km<sup>2</sup> (ou 37,26%) de sua área, e da classe Pastagem, adquirindo 0,06 km<sup>2</sup> (ou 20,43%) de sua área.

A classe Afloramento Rochoso possuía uma área de 0,001 em 2016, e uma presença mínima no setor, sendo totalmente trocada pela classe Mosaico de Usos em 2022. A classe Rio, Lago e Oceano possui uma pequena presença no setor e de forma bem dispersa, abrangendo uma área de 0,17 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,16 km<sup>2</sup> (ou 93,84%) de sua área anterior, havendo uma pequena troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,010 km<sup>2</sup> (ou 5,69%) de sua área.

**Tabela 21** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 614 para os anos de 2016 e 2022.

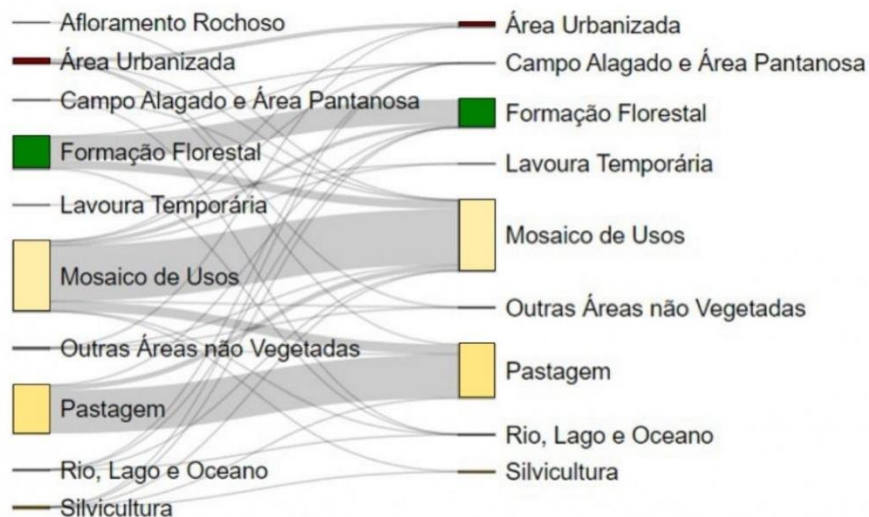
Período	Para	De	km2	%
2022-2016	Formação Florestal	Formação Florestal	4,663	72,830
2022-2016	Formação Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,015	0,241
2022-2016	Formação Florestal	Mosaico de Usos	1,703	26,600
2022-2016	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,021	0,330
Subtotal			6,403	

2022-2016	Silvicultura	Formação Florestal	0,055	15,185
2022-2016	Silvicultura	Silvicultura	0,212	59,097
2022-2016	Silvicultura	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,001	0,334
2022-2016	Silvicultura	Pastagem	0,002	0,557
2022-2016	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,089	24,826
<b>Subtotal</b>			<b>0,359</b>	
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,010	20,513
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,040	79,290
2022-2016	Campo Alagado e Área Pantanosa	Rio, Lago e Oceano	0,0001	0,197
<b>Subtotal</b>			<b>0,051</b>	
2022-2016	Pastagem	Formação Florestal	0,0002	0,002
2022-2016	Pastagem	Pastagem	8,517	89,389
2022-2016	Pastagem	Mosaico de Usos	1,011	10,609
<b>Subtotal</b>			<b>9,529</b>	
2022-2016	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	0,021	0,021
<b>Subtotal</b>			<b>100,000</b>	
2022-2016	Mosaico de Usos	Formação Florestal	0,823	5,971
2022-2016	Mosaico de Usos	Silvicultura	0,0001	0,001
2022-2016	Mosaico de Usos	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,028	0,203
2022-2016	Mosaico de Usos	Pastagem	1,951	14,153
2022-2016	Mosaico de Usos	Lavoura Temporária	0,006	0,046
2022-2016	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	10,940	79,368
2022-2016	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,0004	0,003
2022-2016	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,019	0,139
2022-2016	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,016	0,115
<b>Subtotal</b>			<b>13,784</b>	
2022-2016	Área Urbanizada	Pastagem	0,088	8,508
2022-2016	Área Urbanizada	Mosaico de Usos	0,072	6,968

2022-2016	Área Urbanizada	Área Urbanizada	0,869	83,677
2022-2016	Área Urbanizada	Outras Áreas não Vegetadas	0,009	0,847
Subtotal			1,039	
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Pastagem	0,063	20,435
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,115	37,269
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,0003	0,097
2022-2016	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,130	42,199
Subtotal			0,308	
2022-2016	Afloramento Rochoso	Mosaico de Usos	0,001	0,001
Subtotal			100,000	
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,0004	0,228
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0004	0,228
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,010	5,698
2022-2016	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,165	93,846
Subtotal			0,176	

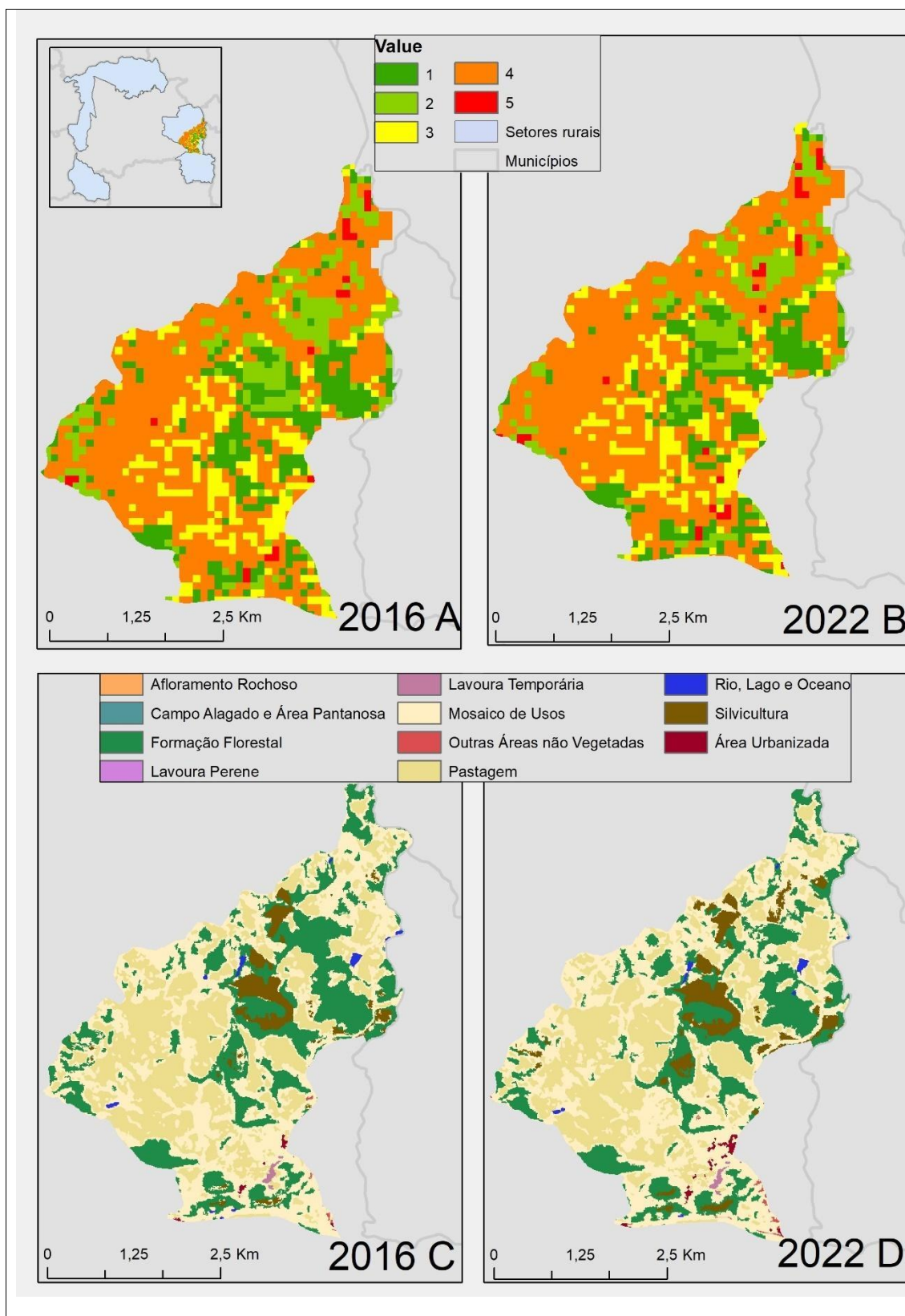
No **Gráfico 16**, o setor 614, a classe com maior presença também é a de Mosaico de Usos, havendo uma boa troca com a classe Pastagem em 2016, assim como outras diversas como para a classe Formação Florestal, e Área Urbana. A classe Pastagem é a segunda com maior presença pelo setor, e mesmo tendo passado por uma troca de sua área para a classe Mosaico de Usos em 2016, recebeu uma boa quantidade da mesma classe em 2022, aumentando levemente sua área pelo setor. Mesmo tendo menos presença, a classe Formação Florestal teve uma troca significativa de sua área para a classe Mosaico de Usos em 2016, tendo um retorno pequeno da mesma classe em 2022 e das classes Silvicultura e Pastagem.

**Gráfico 16** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 614 para os anos de 2016 e 2022.



O setor 615 é o último setor analisado no estudo, localizado na zona Leste do município e abrangendo uma área total de 1656 ha (hectares) ou 7,50% da área periurbana total. O setor apresenta uma grande presença das classes 4 (Alto), 3 (Médio) e 1 (Muito Baixo) (**Figura 16**).

**Figura 16** Comparação dos mapas de Fragilidade Ambiental e Cobertura e Uso da Terra para o Setor 615 nos anos de 2016 e 2022.



O desenvolvimento da fragilidade ambiental para o setor 615 se dá de forma onde, a classe Muito Baixo se apresentava de forma dispersa pelo setor, com poucas manchas de concentração na região Nordeste do setor, mantendo uma área de 2,76 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 2,28 km<sup>2</sup> (ou

82,54%) de sua área anterior, havendo uma troca significativa com a classe Alto, obtendo 0,36 km<sup>2</sup> (ou 13,14%) de sua área.

A classe Baixo também apresenta uma presença bem dispersa pelo setor, ocorrendo em áreas semelhantes que a classe Muito Baixo, e abrangendo uma área de 2,13 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 1,63 km<sup>2</sup> (ou 76,56%) de sua área anterior, havendo uma troca significativa com a classe Alto, obtendo 0,41 km<sup>2</sup> (ou 18,98%) de sua área. A classe Médio também se apresenta de forma dispersa pelo setor, abrangendo uma área de 2,22 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 2,12 km<sup>2</sup> (ou 95,73%) de sua área, havendo mínimas trocas com a classe Muito Baixo, obtendo 0,06 km<sup>2</sup> (ou 2,82%) de sua área, e da classe Muito Alto, obtendo 0,03 km<sup>2</sup> (ou 1,44%) de sua área.

A classe Alto é a mais presente no setor, se apresentando de forma abrangente, principalmente a Oeste até a região Norte do setor, mas também ocorrendo de forma dispersa pelo resto do mesmo, abrangendo uma área de 8,94 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 8,48 km<sup>2</sup> (ou 94,90%) de sua área anterior, havendo trocas mínimas com as classes Baixo, obtendo 0,22 km<sup>2</sup> (ou 2,50%) de sua área, e da classe Muito Baixo, obtendo 0,17 km<sup>2</sup> (ou 1,92%) de sua área. A classe Muito Alto tem uma presença muito pequena e bem dispersa pelo setor, mantendo uma área de 0,22 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,20 km<sup>2</sup> (ou 90,59%) de sua área anterior, havendo trocas mínimas com a classe Baixo, obtendo 0,01 km<sup>2</sup> (ou 4,93%) de sua área, e da classe Médio, obtendo 0,01 km<sup>2</sup> (ou 4,39%) de sua área (**Tabela 22**).

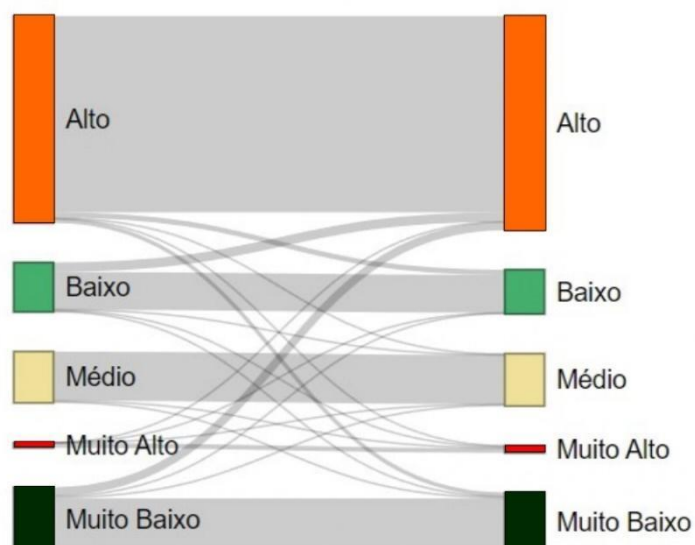
**Tabela 22** Parâmetros da Fragilidade Ambiental do Setor 615 para os anos de 2016 e 2022

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Muito Baixo	Muito Baixo	2,28	82,54
2016-2022	Muito Baixo	Baixo	0,04	1,57
2016-2022	Muito Baixo	Médio	0,08	2,74
2016-2022	Muito Baixo	Alto	0,36	13,14
Subtotal			2,76	

2016-2022	Baixo	Muito Baixo	0,02	1,04
2016-2022	Baixo	Baixo	1,63	76,56
2016-2022	Baixo	Médio	0,01	0,28
2016-2022	Baixo	Alto	0,41	18,98
2016-2022	Baixo	Muito Alto	0,07	3,14
Subtotal			2,13	
2016-2022	Médio	Muito Baixo	0,06	2,82
2016-2022	Médio	Médio	2,12	95,73
2016-2022	Médio	Muito Alto	0,03	1,44
Subtotal			2,22	
2016-2022	Alto	Muito Baixo	0,17	1,92
2016-2022	Alto	Baixo	0,22	2,50
2016-2022	Alto	Médio	0,05	0,61
2016-2022	Alto	Alto	8,48	94,90
2016-2022	Alto	Muito Alto	0,01	0,07
Subtotal			8,94	
2016-2022	Muito Alto	Baixo	0,01	4,93
2016-2022	Muito Alto	Médio	0,01	4,39
2016-2022	Muito Alto	Alto	0,0002	0,09
2016-2022	Muito Alto	Muito Alto	0,20	90,59
Subtotal			0,22	

O **Gráfico 17** Observa-se que a classe mais presente no setor 615 é a classe Alto, havendo uma pequena troca significativa em 2016 de sua área para as classes Baixo e Muito Baixo, mas recebendo áreas das classes Baixo e Muito Baixo em 2022, aumentando o tamanho de sua área com relação em 2016. As classes Baixo e Muito Baixo, mesmo tendo trocado boa parte de suas áreas para a classe Alto em 2022, mantiveram um tamanho estável de suas áreas, com um recebimento pequeno de áreas pela classe Alto até 2022. Já a classe Médio é a que menos teve mudanças significativas em sua área para ambos os anos, havendo trocas mínimas entre as classes.

**Gráfico 17** Desenvolvimento dos Parâmetros de Fragilidade Ambiental do Setor 615 nos anos de 2016 e 2022.



O desenvolvimento dos atributos de uso e ocupação da terra se deram de forma que, a classe Formação Florestal se apresenta no setor com grandes manchas concentradas em seu centro, além de manchas menores mais dispersas pelo setor, abrangendo uma área de 4,40 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 3,43 km<sup>2</sup> (ou 78,00%) de sua área anterior, havendo uma troca significativa com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,90 km<sup>2</sup> (ou 20,58%) de sua área.

A classe Silvicultura aparece no setor com manchas concentradas em sua área central, abrangendo uma área de 0,71 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve quase toda sua área anterior, num total de 0,71 km<sup>2</sup> (ou 99,97%) tendo uma mínima troca com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,0002 km<sup>2</sup> (ou 0,028%) de sua área. A classe Campo Alagado e Área Pantanosa tinha pouquíssima presença no setor, mantendo apenas uma área de 0,002 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe teve sua área totalmente trocada pela classe Mosaico de Usos.

A classe Pastagem tinha uma presença bem definida com grandes manchas concentradas na região Oeste do setor, com menor presença nas regiões Nordeste, Norte e ao Sul, abrangendo uma área de 5,33 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 4,42 km<sup>2</sup> (ou 83,10%) de sua área anterior, havendo uma troca significativa com a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,89 km<sup>2</sup> (ou 16,77%) de sua área. A classe Mosaico de Usos é a classe com maior presença

no setor, estando bem distribuída e mais concentrada nas regiões em que a classe Pastagem também ocorre, abrangendo uma área de 6,88 km<sup>2</sup> em 2016.

Em 2022, a classe manteve 5,50 km<sup>2</sup> (ou 79,94%) de sua área, havendo trocas significativas com as classes Pastagem, adquirindo 0,65 km<sup>2</sup> (ou 9,51%) de sua área, com a classe Formação Florestal, adquirindo 0,39 km<sup>2</sup> (ou 5,72%) de sua área, e uma pequena troca com a classe Silvicultura, adquirindo 0,26 km<sup>2</sup> (ou 3,83%) de sua área. A classe Área Urbanizada se apresenta com manchas muito pequenas ao Sul do Setor, abrangendo uma área de apenas 0,025 km<sup>2</sup> para ambos os anos. A classe Outras Áreas não Vegetadas também não possui muita presença nesse setor, mantendo uma área de apenas 0,014 km<sup>2</sup> no ano de 2016. Em 2022, a classe manteve 0,005 km<sup>2</sup> (ou 38,97%) de sua área anterior, tendo uma troca de mais da metade de sua área para a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,007 km<sup>2</sup> (ou 52,20%) de sua área.

A classe Rio, Lago e Oceano possui sua presença em zonas bem específicas e em pequenas manchas dispersas pelo setor, abrangendo uma área de 0,072 km<sup>2</sup> em 2016. Em 2022, a classe manteve 0,052 km<sup>2</sup> (ou 72,18%), havendo uma troca significativa para a classe Mosaico de Usos, adquirindo 0,017 km<sup>2</sup> (ou 23,64%) de sua área (**Tabela 23**).

**Tabela 23** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do setor 615 para os anos de 2016 e 2022.

Período	De	Para	km2	%
2016-2022	Formação Florestal	Formação Florestal	3,439	78,006
2016-2022	Formação Florestal	Silvicultura	0,049	1,107
2016-2022	Formação Florestal	Pastagem	0,009	0,200
2016-2022	Formação Florestal	Mosaico de Usos	0,908	20,585
2016-2022	Formação Florestal	Rio, Lago e Oceano	0,005	0,102
<b>Subtotal</b>			<b>4,409</b>	
2016-2022	Silvicultura	Silvicultura	0,718	99,972
2016-2022	Silvicultura	Mosaico de Usos	0,0002	0,028
<b>Subtotal</b>			<b>0,718</b>	
2016-2022	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mosaico de Usos	0,002	0,002

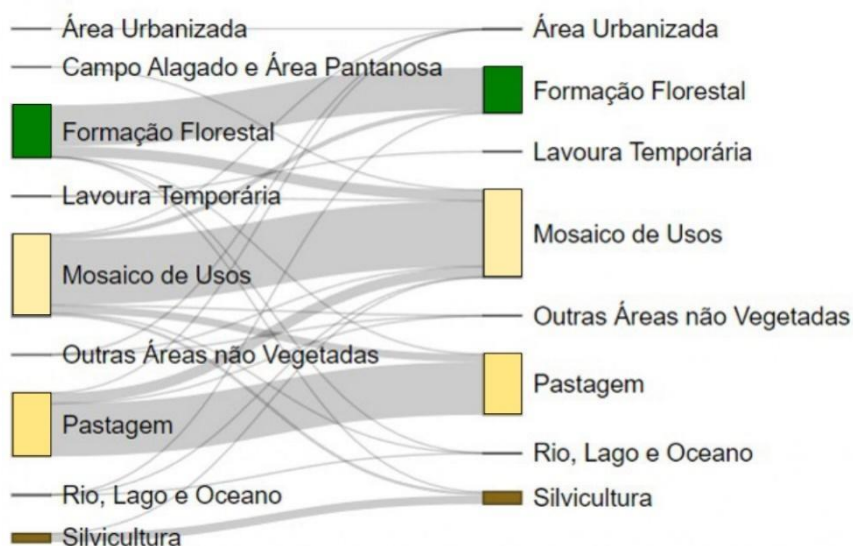
Subtotal			100,000	
2016-2022	Pastagem	Pastagem	4,429	83,103
2016-2022	Pastagem	Mosaico de Usos	0,894	16,771
2016-2022	Pastagem	Área Urbanizada	0,007	0,124
2016-2022	Pastagem	Outras Áreas não Vegetadas	0,0001	0,002
Subtotal			5,330	
2016-2022	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária	0,036	99,167
2016-2022	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos	0,0003	0,833
Subtotal			0,036	
2016-2022	Mosaico de Usos	Formação Florestal	0,394	5,722
2016-2022	Mosaico de Usos	Silvicultura	0,264	3,839
2016-2022	Mosaico de Usos	Pastagem	0,655	9,516
2016-2022	Mosaico de Usos	Mosaico de Usos	5,502	79,944
2016-2022	Mosaico de Usos	Área Urbanizada	0,037	0,542
2016-2022	Mosaico de Usos	Outras Áreas não Vegetadas	0,027	0,391
2016-2022	Mosaico de Usos	Rio, Lago e Oceano	0,003	0,045
Subtotal			6,882	
2016-2022	Área Urbanizada	Área Urbanizada	0,025	0,025
Subtotal			100,000	
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Mosaico de Usos	0,007	52,206
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Área Urbanizada	0,001	8,824
2016-2022	Outras Áreas não Vegetadas	Outras Áreas não Vegetadas	0,005	38,971
Subtotal			0,014	
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Formação Florestal	0,003	4,172
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Mosaico de Usos	0,017	23,644
2016-2022	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano	0,052	72,184
Subtotal			0,072	

O **Gráfico 18** Para o setor 615, a classe com maior presença é a Mosaico

de Usos, passando por várias trocas em sua área no período de 2016 a 2022, havendo uma maior troca para a classe Pastagem, assim como pequenas trocas para a classe Formação Florestal e Silvicultura. Embora tenha havido essas trocas, em 2022 ela recebeu grandes áreas das classes Formação Florestal e Silvicultura, havendo um aumento da área da classe Mosaico de Usos em 2022 quando se comparado com 2016.

A classe Pastagem, mesmo sendo a segunda mais presente no setor, passou por uma grande troca para a classe Mosaico de Usos em seu período de 2016 a 2022, mas acabou recebendo bastantes áreas da mesma classe em 2022. Similarmente a classe Formação Florestal passou por um processo onde cedeu boa parte de sua área para a classe Mosaico de Usos em seu período de 2016, mas até 2022 ela recebeu porções menores de área da mesma classe. Já a classe Silvicultura teve pouquíssima troca em seu período de 2016, mas até o ano de 2022, a classe recebeu uma pequena quantidade de área da classe Mosaico de Usos, o que mostrou o suficiente para aumentar sua área com relação a seu período em 2016.

**Gráfico 18** Desenvolvimento dos Atributos de Cobertura e Uso da Terra do Setor 615 para os anos de 2016 e 2022.

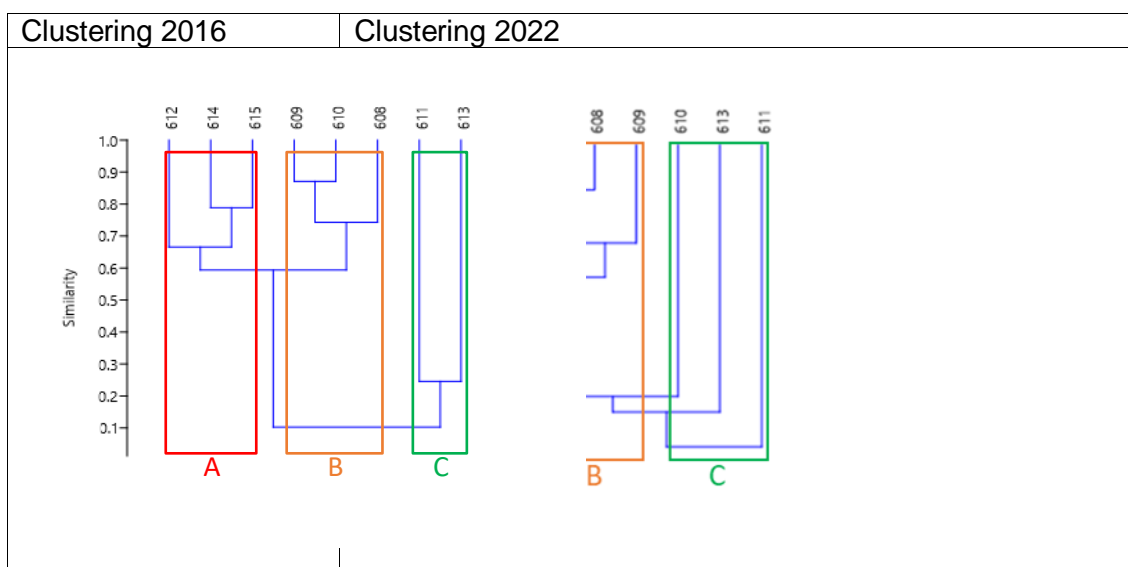


A **Figura 17** apresenta o resultado da análise dos dados pela estatística do dendrograma. Foram estabelecidos três (3) clusters para auxiliar na interpretação da dinâmica das mudanças das classes de cobertura e usos da

terra para os setores censitários nos anos de 2016 e 2022. Para o ano de 2016, os setores censitários agrupados pelo cluster C apresentaram mais diferença de usos em relação aos clusters A e B (80% de dissimilaridade), já os setores agrupados nessas classes apresentam menores diferenças, entretanto, o cluster que tem os setores com usos mais semelhantes é o cluster B, com os setores 601 e 609 com 90% de similaridade.

Para 2022, embora a estatística do dendograma definiu três clusters também, houve alteração nos agrupamentos dos setores censitários, o que indica uma mudança das características dos usos desses setores. Destacamos que os setores dos cluster C se tornaram mais diferentes que os cluster A e B, sendo que o setor 611 aparece com uma dissimilaridade de aproximadamente 95% em relação aos outros setores, com as maiores diferenças com relação aos clusters A e B. O cluster A manteve o setor 612 e 615 com uma similaridade de 72% e o setor 614 migrou para o cluster B, com similaridade de 84% em relação ao setor 608.

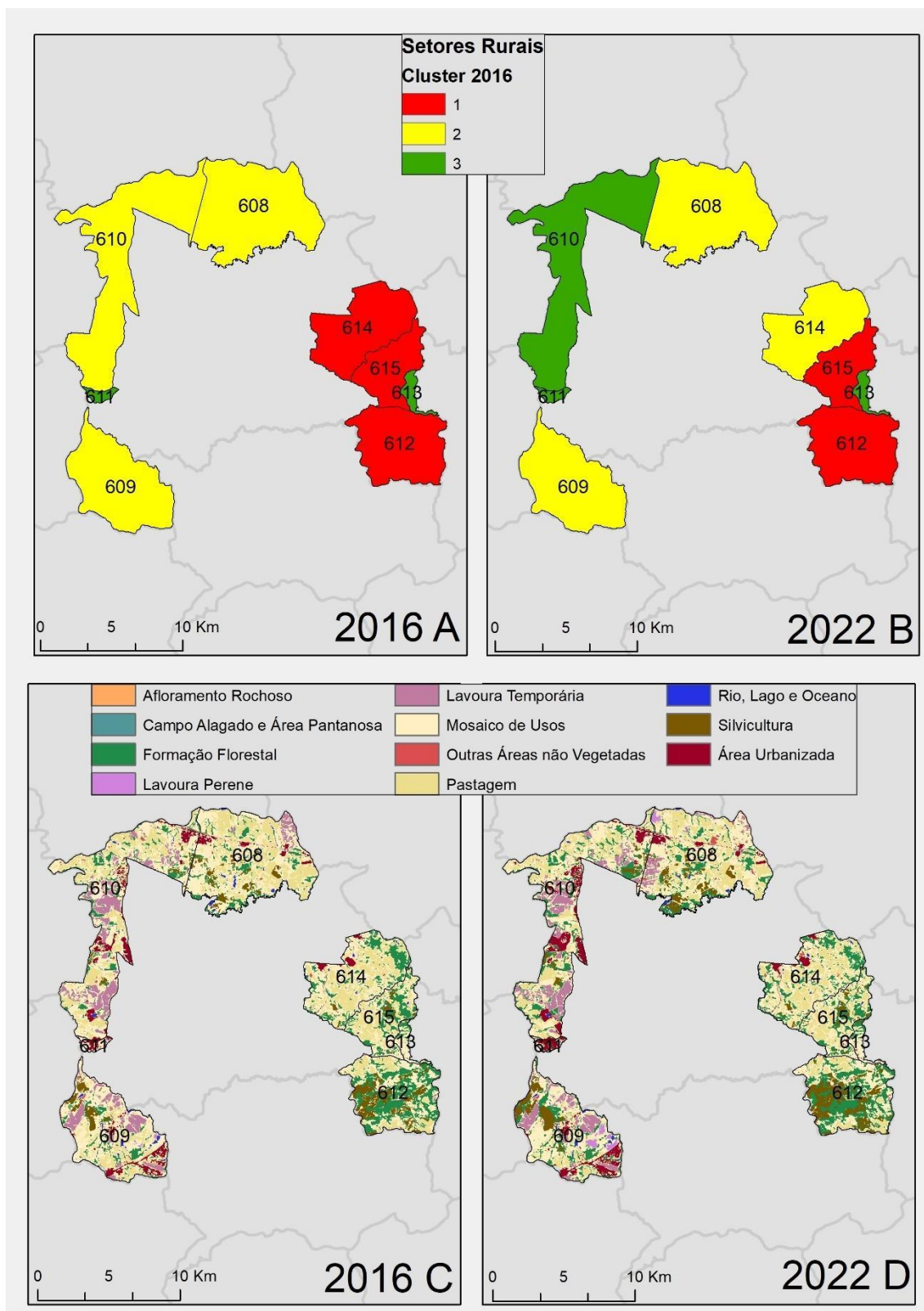
**Figura 17** Cluster de Cobertura e Uso da Terra dos setores censitários para os anos 2016 e 2022.



A **Figura 18** apresenta a espacialização dos Clusters por setor censitário, observa-se que ocorreu a formação de 2 agrupamentos espaciais (1 e 2), um ao Leste do município, outro a Norte e Oeste do município, com dois setores descontínuos. Para o ano de 2022, ocorreu uma diminuição do cluster 1, assim como a dissociação nos clusters 2 e 3 pela mudança de clusters dos setores 610 e 614. Na perspectiva da análise de uso e ocupação da terra, essa mudança,

provavelmente, está associada a diminuição de vegetação com um leve aumento das áreas urbanizadas dos setores. Já para o cluster 3, ganhou mais um setor (610), provavelmente ligado ao aumento das áreas urbanizadas.

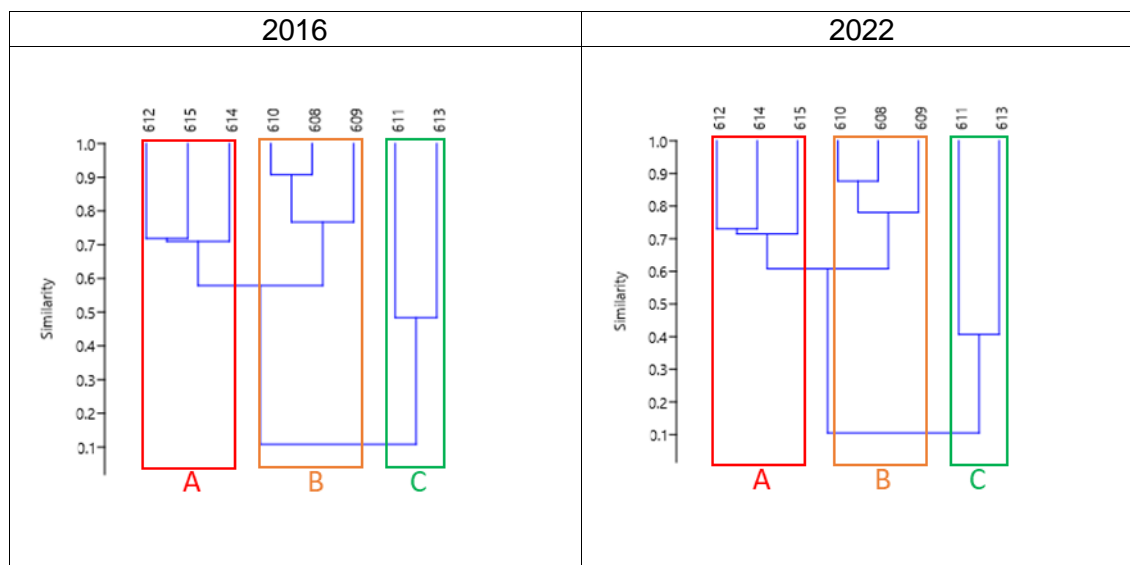
**Figura 18** Agrupamento dos setores censitários por similaridade com relação ao tipo de cobertura e uso da terra para os anos de 2016 e 2022.



Para a classe Vulnerabilidade temos os clusters gerados na **Figura 19** onde três grupos se formaram para o ano de 2016, observa-se que o cluster C, formado pelo setores 611 e 613 apresentam alto grau de dissimilaridade (90%)

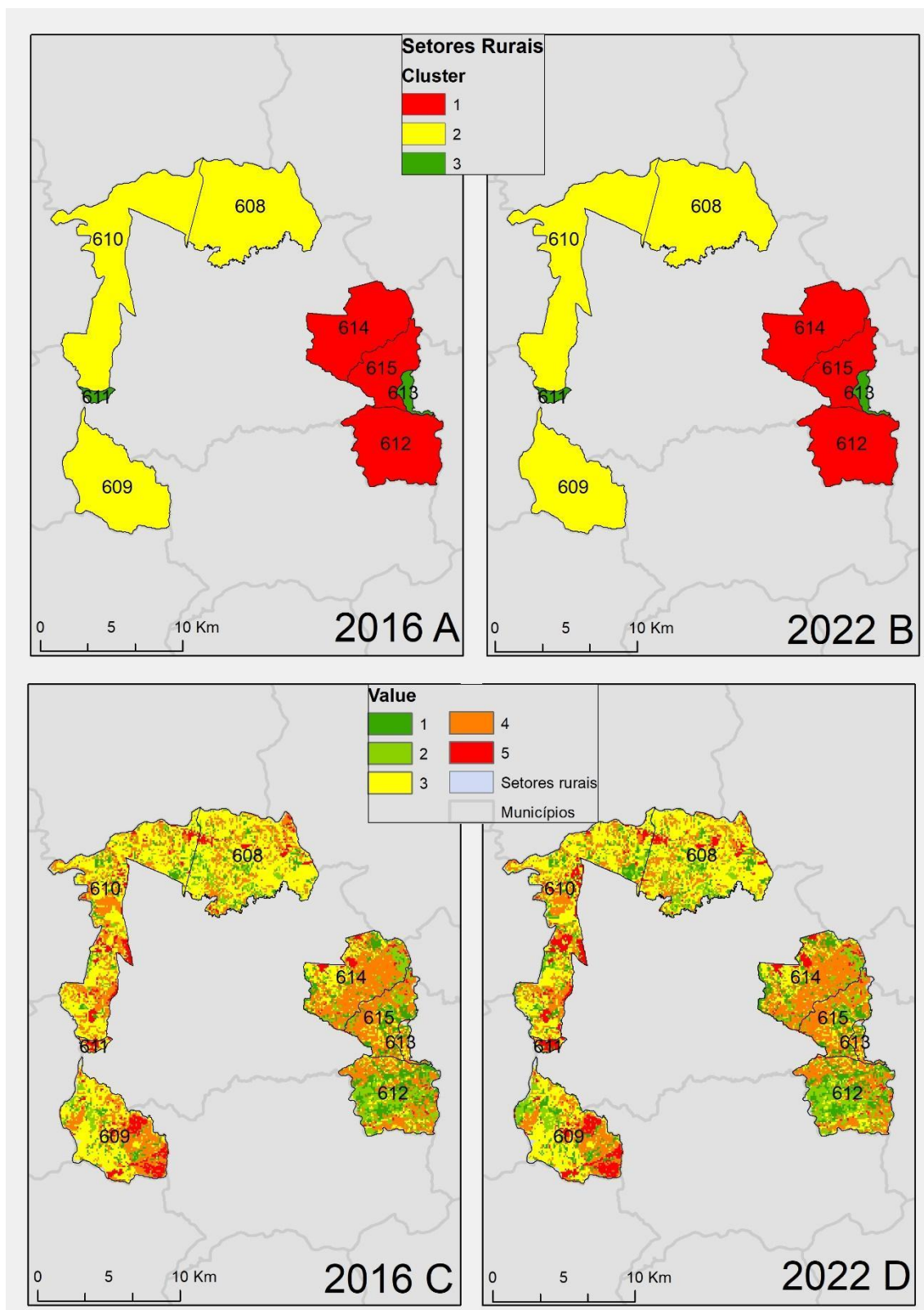
em relação aos setores dos cluster A e B, sendo que o Cluster B apresenta os setores com maior similaridade (610 e 608). Para o ano de 2022, os setores permaneceram nos mesmos cluster, embora houve um pequeno aumento da dissimilaridade dos setores 610 e 608.

**Figura 19** Cluster de Vulnerabilidade Ambiental dos setores censitários para os anos 2016 e 2022.



A **Figura 20** apresenta a espacialização dos Clusters por setores censitários com base no desenvolvimento da vulnerabilidade entre os anos, onde também ocorreu a criação de dois agrupamentos (A e B), localizados tanto no lado Leste do município como no lado Norte e Oeste, com dois setores descontínuos. Para esta análise, não houve uma mudança aparente na figura, ficando representado apenas na figura Cluster que há uma similaridade nos níveis de fragilidade ambiental entre os grupos A e B, havendo uma leve mudança em sua similaridade para o ano de 2022 com uma leve preservação e manutenção nos níveis de fragilidade entre seus setores, enquanto que o grupo C manteve-se como o cluster com maior diferença entre os setores e maior fragilidade ambiental.

**Figura 20** Agrupamento dos setores censitários por similaridade com relação ao nível de Vulnerabilidade Ambiental para os anos de 2016 e 2022.



## 5. Conclusão

A análise da fragilidade ambiental nas áreas periurbanas de Sorocaba, realizada entre os anos de 2016 e 2022, revelou resultados significativos sobre a dinâmica dos fatores ambientais e os impactos decorrentes. Com relação às

Mudanças na Fragilidade Ambiental observou-se uma redução na área classificada como "Muito Baixo" de fragilidade ambiental, que passou de 22,36 km<sup>2</sup> em 2016 para 19,25 km<sup>2</sup> em 2022. Isso indica uma crescente vulnerabilidade das áreas estudadas, com um aumento das classes de fragilidade "Médio" e "Alto". Na perspectiva da Presença de Classes de Fragilidade, a classe "Médio" se destacou como a mais comum nas áreas periurbanas, representando a maior parte da fragilidade ambiental e evidenciando as mudanças da cobertura e uso da terra podem afetar a resiliência dos ecossistemas locais.

Os impactos das atividades humanas a análise dos dados revelou que o avanço da urbanização e o uso agrícola têm contribuído para o aumento da fragilidade ambiental, com áreas de "Formação Florestal" sendo substituídas por "Mosaico de Usos", "Pastagem" e "Áreas Urbanizadas". Ainda, a comparação de cobertura e uso da terra, a mudança nos tipos de cobertura da terra entre 2016 e 2022 destacou a necessidade de estratégias de manejo mais sustentáveis. As classes de "Formação Florestal" e "Silvicultura" mantiveram áreas significativas, mas sofreram perdas, evidenciando a pressão sobre esses ecossistemas.

## Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, D. S.; ALVES, L. D. S. F.; JÚNIOR, F. D. O. D. L.; SOUSA, M. L. M. D.** A dimensão ambiental para o ordenamento territorial. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 38, n. 2, p. 25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.244120>
- ALMEIDA, D. L.** Planejamento ambiental: teoria e prática. *Revista de Gestão e Sustentabilidade*, v. 4, n. 2, p. 277-381, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46551/rvg2675239520222377381>
- BRILHA, J.; GRAY, M.; PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P.** Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science & Policy*, v. 86, p. 19-28, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>
- BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D.** Principles of Geographical Information Systems. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A.** Estatística Básica. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
- CARDOSO, R.** Quem sou eu, o planeador do território? Práticas insurgentes no planeamento. *e-cadernos ces*, v. 1, p. 1-19, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4000/eces.144>
- CARVALHO, M. M.** Áreas costeiras e planejamento ambiental. *Paisagem e Ambiente*, n. 6, p. 75-82, 1994. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i6p75-82>
- CASTRO, A. C. M.; ALVIM, A. B.** Conceptual Landmarks of Sustainable Development in Cities - A Reading of the Process of Building the Idea of Sustainable Development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 471, p. 092032, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/471/9/092032>

**CHRYSOULAKIS, N.; FEIGENWINTER, C.; TRIANTAKONSTANTIS, D.; PENYEVSKIY, I.; TAL, A.; PARLOW, E.; FLEISHMAN, G.; DÜZGÜN, Ş.; ESCH, T.; MARCONCINI, M.** A Conceptual List of Indicators for Urban Planning and Management Based on Earth Observation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 3, n. 3, p. 980-1002, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi3030980>

**CÂMARA, J. B. D.** Governança ambiental no Brasil: ecos do passado. *Revista de Sociologia e Política*, v. 21, n. 46, p. 125-146, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0104-44782013000200008>

**CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. D.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; CLEMENTE, C.; BARBOSA, F.** Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 14 out. 2024.

**DERKZEN, M. L.; TEEFFELEN, A. V.; VERBURG, P. H.** Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 4, p. 1020–1032, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12469>

**DOUGLAS, I.** Peri-urban ecosystems and societies: transitional zones and contrasting values. In: MACGREGOR, D.; SIMON, D.; THOMPSON, D. *The Peri-Urban Interface*. Londres: Earthscan, 2006. p. 18-29.

**EMBRAPA.** Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produções de Informações, 2006.

**EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA).** Sentinel Online: Copernicus Open Access Hub. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>. Acesso em: 14 out. 2024.

**FRIENDLY, M.** A Brief History of Data Visualization. In: *Handbook of Data Visualization*. Springer, 2008.

**GARCIA, G. J.; PINTO, S. C. S.; ANTONELLO, S. L.; NOBRE, M. F.** O uso de geotecnologias no planejamento ambiental: o plano diretor municipal de Tambaú - SP. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 6, p. 1178-1190, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-69162010000600018>

**GOMES, R. D.; ESPÍNDOLA, C. R.** Interdisciplinaridade sistêmica e estudos geográficos ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 16, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v16i0.7798>

**HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.** *Multivariate Data Analysis*. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

**HEINRICH, W.; SUGUIO, K.** Petrologia e geologia do granito Atibaia, São Paulo, Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, v. 15, n. 3, p. 33-48, 1986.

**IBGE, C. D.** Resultado da Amostra, tabela 2.1.1, “População residente, por cor ou raça, segundo os Municípios – Amazonas. IBGE, 2000.

**LAUTENBACHER, C. C.** The Global Earth Observation System of Systems: Science Serving Society. *Space Policy*, v. 22, n. 1, p. 8-11, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2005.12.004>

**LICHT, O. A. B.** A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná,

Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 51, 2002. DOI: <https://doi.org/10.5380/geo.v51i0.4185>

**MAPBIOMAS.** MapBiomass: Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 14 out. 2024.

**MARTINES, M. R.; MACHADO, R. P. P.; TOPPA, R. H.** Uso de inferência geográfica aplicada ao diagnóstico ambiental como subsídio para a tomada de decisão. In: HAYASHI, C.; SARDINHA, D. S.; PAMPLIN, P. A. Z. (Org.). *Ciências ambientais: diagnósticos ambientais*. Ribeirão Preto, v. 1, p. 102-124, 2020.

**MEIRA, S. I. D.** Planejamento e gestão urbanos em Sorocaba-SP: análise das políticas públicas de habitação popular. *Ra'e Ga*, v. 12, 2006. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v12i0.3442>

**MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHERER, C. M. S.** A Formação Itararé e o Grupo Tubarão na Bacia do Paraná: aspectos geológicos e implicações glaciais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22, n. 3, p. 287-307, 1992.

**MUTISYA, E.; YARIME, M.** Moving towards urban sustainability in Kenya: a framework for integration of environmental, economic, social and governance dimensions. *Sustainability Science*, v. 8, n. 2, p. 203–215, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-013-0223-7>

**NÆSS, P.** Urban Planning and Sustainable Development. *European Planning Studies*, v. 9, n. 4, p. 503-524, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654310120049871>

**NAIME, R.** Impactos socioambientais de hidrelétricas e reservatórios nas bacias hidrográficas brasileiras. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 7, n. 7, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/223611706109>

**OBERLING, D. F.; ROVERE, E. L. L.; SILVA, H. V. D. O.** SEA making inroads in land-use planning in Brazil: The case of the Extreme South of Bahia with forestry and biofuels. *Land Use Policy*, v. 35, p. 341-358, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.06.012>

**OLIVEIRA, H. P. V. D.; SILVA, E. V. D.** Sistemas ambientais e vulnerabilidade à degradação dos recursos naturais dos municípios do Baixo Jaguaribe com aplicação de geotecnologia: subsídio ao ordenamento territorial. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 3, n. 5, p. 137, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21438/rbgas.030504>

**OLIVEIRA, L. D. D.** Geopolítica Ambiental: A construção ideológica do Desenvolvimento Sustentável [1945-1992]. *Espaço e Economia*, n. 18, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.8437>

**OSTROM, E.** A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, v. 325, n. 5939, p. 419-422, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

**RAMASWAMI, A.; WEIBLE, C. M.; MAIN, D. S.; HEIKKILA, T.; SIDDIKI, S.; DUVALL, A.; PATTISON, A.; BERNARD, M.** A Social-Ecological-Infrastructural Systems Framework for Interdisciplinary Study of Sustainable City Systems. *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, n. 6, p. 801–813, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00566.x>

**RIBEIRO, J.; FERREIRA, A. L.; GONÇALVES, L.** Granito Piracaia e suas implicações geológicas na região de Atibaia, SP. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 2, p. 200-215, 1995.

**ROHRICH, S. S.** A gestão ambiental e os Sistemas de Gestão Ambiental conforme a NBR ISO 14001:2004: Uma revisão do panorama nacional. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/qualidade/article/view/21841>. Acesso em: 14 out. 2024.

**ROSS, J. L. S.** Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 9, p. 65-75, 1995. DOI: <https://doi.org/10.7154/rdg.1995.0009.0006>

**ROSS, J. L. S.** Geomorfologia Ambiente e Planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

**ROSS, J. L. S.** Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 38, p. 38-51, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0003>

**ROSS, J. L. S.** Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.

**SANTANA-CHAVES, I. M.; LEONEL, A. L.; ANJOS, L. A. P. D.; MOMM, S.; CATELAN, M. J.; FREY, K.** Apontamentos sobre governança e planejamento na Região Metropolitana de Sorocaba (São Paulo – Brasil). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 31, p. 177-206, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47284/2359-2419.2021.31.177206>

**SANTOS, R. F.** Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

**SILVA, E. V. D.; RODRÍGUEZ, J. M. M.; RABELO, F. D. B.; NETO, F. O. L.** Projeção de cenários como perspectiva para o planejamento ambiental: um estudo conceitual. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, v. 23, p. 144-166, 2021. DOI: <https://doi.org/10.35701/rcgs.v23.783>

**STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; SCHELLNHUBER, H. J.; DUBE, O. P.; DUTREUIL, S.; LENTON, T. M.; LUBCHENCO, J.** The emergence and evolution of Earth System Science. *Nature Reviews Earth & Environment*, v. 1, n. 1, p. 54-63, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0005-6>

**TADONO, T.; ISHIDA, H.; ODA, F.; NAGIRA, S.; IWAHASHI, J.; KOBAYASHI, T.** Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 2, n. 4, p. 71-76, 2014.

**TRIOLA, M. F.** Introdução à Estatística. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

**URTEAGA, E.** El debate internacional sobre el desenvolvimiento sustentável. *Investigaciones geográficas*, n. 46, p. 127-127, 2008. DOI: <https://doi.org/10.14198/ingeo2008.46.07>

**VASCONCELOS, B. R. DE; VIEIRA LIMA, M. T.; CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO, A.** Detecção de mudanças no uso e ocupação do solo no estado do Amazonas baseada nas classificações do Projeto Mapbiomas. *Geofronter*, v. 10, p. e7773, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61389/geofronter.v10.7773>

**WILBANKS, T. J.** “Sustainable Development” in Geographic Perspective. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 84, n. 4, p. 541-556, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1994.tb01876.x>

**YE, J., LIN, G., MING-FENG, Z., ZHAO, L., & CHEN, J.** GIS-based study of natural disaster vulnerability for Xiamen city. 2010.

<https://doi.org/10.1109/geoinformatics.2010.5567717>