



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro de Tecnologia e Ciências**

**Instituto de Geografia**

**Luiz Henrique Alves da Silva**

**Análise da dinâmica de ocupação do município de Petrópolis (RJ)  
e suas implicações na formação de espaços de risco**

**Rio de Janeiro**

**2019**

Luiz Henrique Alves da Silva

**Análise da dinâmica de ocupação do município de Petrópolis (RJ) e suas implicações na formação de espaços de risco**

Dissertação, apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, ao programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Geografia Física.

Orientador: Prof. Dr. Alexander Josef Sá Tobias da Costa

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S586 Silva, Luiz Henrique Alves da.  
Análise da Dinâmica de Ocupação do Município de Petrópolis (RJ) e suas Implicações na Formação de Espaços de Risco. / Luiz Henrique Alves da Silva. – 2019.  
82 f.: il.

Orientador: Alexander Josef Sa Tobias da Costa.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia.

1. Geografia Humana – Petrópolis (RJ) – Teses 2. Planejamento Urbano – Petrópolis (RJ) – Teses. 3. Uso e ocupação do solo – Petrópolis (RJ) – Teses. 4. Petrópolis (RJ) – Avaliação de riscos – Teses. 5. Processamento de imagens – Técnicas digitais – Teses. I. Costa, Alexander Josef Sa Tobias da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Geografia. III. Título.

CDU 911.37(815.3)

Bibliotecário Responsável: Fernanda Lobo / CRB-7:5265

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Luiz Henrique Alves da Silva

**Análise da dinâmica de ocupação do município de Petrópolis (RJ) e suas implicações na formação de espaços de risco**

Dissertação, apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, ao programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Geografia Física.

Aprovado em: 12 de março de 2019.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexander Josef Sa Tobias da Costa (Orientador)

Instituto de Geografia - UERJ

---

Prof. Dr. Leandro Andrei Beser de Deus

Instituto de Geografia - UERJ

---

Prof. Dr. Manoel do Couto Fernandes

Departamento de Geografia -Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2019

## DEDICATÓRIA

Dedico esta àqueles que foram responsáveis pela minha formação como acadêmico e como cidadão. Aos meus pais, toda a vitória que atinjo com este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo exemplo, força e incentivo.

Ao meu irmão Felipe, minha cunhada Roberta, e minhas sobrinhas Alice e Lara que sempre me incentivaram na busca por essa conquista.

A minha Vó Glória (*in memoriam*), minha eterna amiga e conselheira que deixa muitas saudades.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexander Costa, pela disponibilidade na orientação, paciência, dedicação, e, acima de tudo, o respeito à pesquisa.

Aos meus amigos, Alina, Fernando, Guilherme, Gilberto, Jéssica, Lorena, Pedro, Talia e Victor que sempre me apoiaram e incentivaram durante essa etapa.

A minha amiga e mestre de todas as horas, MSc. Cynara França, por todo o conhecimento repassado e pela grande amizade de todas as horas.

Aos amigos da Casinha, MSc. Breno, Dr. Daniel, e MSc. Vânia, pelas longas horas de trabalho e pelos grandes incentivos.

Ao meu amigo, Prof. Dr. e Palestrante Neilton Fidelis, pela amizade, orientações tão valiosas e pela acolhida.

A todos meus amigos do IVIG, em especial ao Prof. Dr. Marcos Freitas, pela confiança.

Aos meus colegas de pós-graduação da UERJ, em especial a MSc. Silvia e MSc. Samuel, pelas gargalhadas de desespero.

A colega MsC. Luciana Neves pelos dados e discussões que contribuíram significativamente para este trabalho.

Aos funcionários do PPGeo-UERJ, sempre dispostos à auxiliar nas questões burocráticas e acadêmicas.

A Solange, Priscilla e Berenice, pela acolhida e pelo incentivo.

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

E por fim, agradeço à todas as pessoas que direta ou indiretamente estiveram envolvidas com o desenvolvimento desta pesquisa e que por um lapso não estejam nominalmente citadas aqui, meu sinceros agradecimentos, mas, a ele não.

- Em noite de chuva eu sentava, cobria as pernas com cobertor e ficava esperando o barulho. Porque ninguém acredita, mas quando um barranco cai, não sei o que é, mas ele 'rusna' que nem bicho. Ele vem demolindo! É só quem nunca viu é que não sabe, mas parece que a terra é um monstro.

*Maria Camélia*

(moradora de áreas de risco em Progresso, Juiz de Fora – MG)

- Eu fico alegre de estar fora do risco, porque eu tenho meus filhos. Mas triste porque me pergunto: por que tiraram só *nós*? Será que nós somos *melhor* ou nós somos *pior*? Ah! Deixa o pobre morar onde quer. Eu falei com o engenheiro: vocês vão me dar uma casa no centro da cidade? Eu quero morar perto da cidade. E ali dava, de coração, pra fazer uns prediozinhos, sem risco, sem nada. Todo mundo ali tá ciente disso. Eu não sô engenheiro não, mas é só colocar uma fundação lá embaixo. Quer dizer, pros ricos não condena nada, o bolso fala alto, mas pros pobres. Condenado é o bolso dos pobres.

*Márcia de Oliveira*

(moradora de áreas de risco em Poço Rico, Juiz de Fora – MG).



## RESUMO

SILVA, Luiz Henrique Alves. **Análise da Dinâmica de Ocupação do Município de Petrópolis (RJ) e suas Implicações na Formação de Espaços de Risco**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Este trabalho buscou analisar como a dinâmica de ocupação do município de Petrópolis influi para a formação de novos espaços de risco no município. Para tanto, as discussões que envolvem a relação sociedade e natureza são fundamentais para o entendimento da construção do risco, não só cunhado por suas características físicas, mas também revelando o envolvimento da sociedade como agente modificador do meio. Dessa forma, o conhecimento da organização espacial de determinada parcela do território é fundamental para o entendimento dos espaços de risco. Nesse sentido, elaborou-se uma análise bibliográfica do processo de evolução espacial da ocupação do município de Petrópolis, onde foram identificados os mais relevantes momentos de mudança da dinâmica de ocupação do município. A fim de verificar as alterações na dinâmica de ocupação do território petropolitano foram analisadas as mudanças de uso do solo, a partir de processamento digital de imagens, para os anos de 1995 e 2015, de maneira a identificar o crescimento de área antropizada sobre áreas de alta suscetibilidade. Ainda de forma a verificar a conexão de deslizamentos com a dinâmica de ocupação foi analisada a relação entre a dinâmica histórica de ocupação do município e a ocorrência de eventos de deslizamentos, constatando que as relações com a dinâmica de ocupação estão fortemente atreladas à densidade demográfica das diferentes áreas afetadas no município.

Palavras-chave: Petrópolis. Dinâmica de Ocupação. Risco. PDI.

## ABSTRACT

SILVA, Luiz Henrique Alves. *Occupational Dynamics Analysis of the Municipality of Petrópolis (RJ) and its Implications in the Formation of Risk Spaces*. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

This work was conducted in order to analyze how the occupation dynamics of the municipality of Petrópolis influences the formation of new risk areas in the municipality. Therefore the discussions involving the relationship between society and nature are fundamental to understanding the construction of risk, not only shaped by their physical characteristics, but also revealing the involvement of society as a environmental modifying agent. In this way the knowledge of the spatial organization of a specific area of the territory is fundamental for the understanding of the spaces of risk. Accordingly was produced a literature analysis of the spatial evolution process of the occupation of the city of Petropolis, where the most important moments of change of the city's occupation dynamics were identified. In order to verify the changes in the occupation dynamics of the Petropolitano territory were analyzed changes in land use, from digital image processing, for the years 1995 and 2015, in order to identify the disturbed areas of growth on areas high susceptibility. Also in order to verify the connection of landslides with the occupancy dynamics, the relationship between the historical dynamics of occupation of the municipality and the occurrence of landslide events was analyzed, thus confirming that the relations with the occupation dynamics are strongly linked to the density the different affected areas in the municipality.

Keywords: Petrópolis. Occupational Dynamics. Risk. DIP.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Planta de Petrópolis criada pelo Major Júlio Frederico Koeler em 1846.....	28
Figura 2 -	Preservação de encosta nos fundos dos prazos próximo ao atual Museu...	30
Figura 3 -	Preservação de encosta nos fundos dos prazos próximo ao atual Museu Imperial .....	30
Figura 4 -	Dinâmica da Ocupação de Petrópolis.....	37
Figura 5 -	Representação da área do município na orbita 217, pontos 075 e 076 da imagem Landsat 8 de 2015.....	44
Figura 6 -	Classes identificadas através do método de Máxima Verossimilhança. Imagem de 1995.....	46
Figura 7 -	Aplicação de filtros para correção de áreas menores que a Menor Unidade Mapeável.....	47
Figura 8 -	Distribuição dos pontos aleatórios (1995 e 2015) para validação da classificação .....	50
Figura 9 -	Mapa de Suscetibilidade à Movimento de Massa, Petrópolis – RJ.....	56
Figura 10 -	Planilha de organização dos dados de ocorrência de deslizamentos.....	59
Figura 11 -	Seleção por Localização das ocorrência versus dinâmica de ocupação.....	60
Figura 12 -	Mapa de uso e cobertura da terra do município de Petrópolis, ano de 1995 .....	62
Figura 13 -	Mapa de uso e cobertura da terra do município de Petrópolis, ano de 2015.....	63
Figura 14 -	Mapa de Áreas Antropizadas Suscetíveis à Deslizamentos para o ano de 1995.....	67
Figura 15 -	Mapa de Áreas Antropizadas Suscetíveis à Deslizamentos para o ano de 2015.....	69
Figura 16 -	Gráfico de Distribuição de Ocorrências por ano da Dinâmica de Ocupação.....	71
Figura 17 -	Mapa de Distribuição de Ocorrências de Deslizamentos por Dinâmica de Ocupação do Município de Petrópolis.....	72
Figura 18 -	Gráfico de evolução de densidade demográfica dos distritos do município de Petrópolis.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados técnicos da Imagem Landsat 5, ano de 1995.....	41
Tabela 2 -	Dados técnicos da Imagem Landsat 8, ano de 2015.....	42
Tabela 3 -	Matriz de confusão aplicada à Classificação de 1995.....	51
Tabela 4 -	Precisão por Classe - 1995.....	51
Tabela 5 -	Matriz de Confusão aplicada à Classificação de 2015.....	52
Tabela 6 -	Precisão por Classe - 2015.....	52
Tabela 7 -	Agrupamento qualitativo do coeficiente Kappa.....	53
Tabela 8 -	Matriz de Confusão de ocorrências versus períodos de ocupação.....	60
Tabela 9 -	Área em Km2 das classes de uso e cobertura da terra no município de Petrópolis, para os anos de 1995 e 2015.....	64
Tabela 10 -	Porcentagem das classes de uso e cobertura da terra no município de Petrópolis, para os anos de 1995 e 2015.....	64
Tabela 11 -	Suscetibilidade das áreas antropizadas no ano de 1995.....	68
Tabela 12 -	Suscetibilidade das áreas antropizadas no ano de 2015.....	70
Tabela 13 -	Crescimento por classe de suscetibilidade da Área Antropizada de Petrópolis.....	70

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>Sociedade e natureza, uma relação de riscos.....</b>	<b>17</b>
1.1	<b>O risco: uma construção social.....</b>	<b>20</b>
1.2	<b>A urbanização como produtora de espaços de risco.....</b>	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>EVOLUÇÃO ESPACIAL DA OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS- RJ.....</b>	<b>26</b>
2.1	<b>Evolução Urbana de Petrópolis.....</b>	<b>27</b>
2.2	<b>A Remodelação do Espaço Urbano Petropolitano e o Aumento de Áreas de Risco.....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>38</b>
3.1	<b>Classificação do Uso e Cobertura da Terra do Município de Petrópolis para os anos de 1995 e 2015.....</b>	<b>40</b>
3.1.1	<u>Validação da Classificação a partir de Matriz de Confusão.....</u>	<b>48</b>
3.2.	<b>Análise Espaço-temporal do Uso e Cobertura da Terra X Áreas de Suscetibilidade à Movimentos Gravitacionais de Massa.....</b>	<b>53</b>
3.2.1	<u>Correlação da dinâmica de ocupação e a ocorrência de deslizamentos.....</u>	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DO PROCESSO DE DINÂMICA DE OCUPAÇÃO TERRITORIAL.....</b>	<b>61</b>
4.1.	<b>Classificação de Uso e Cobertura da Terra 1995 e 2015.....</b>	<b>61</b>
4.2.	<b>Análise da área antropizada e sua relação com as áreas de suscetibilidade .</b>	<b>66</b>
4.2.1.	<u>Análise da dinâmica de ocupação e ocorrência de deslizamentos.....</u>	<b>71</b>
	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>

## INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo histórico as intervenções promovidas pelos humanos têm se configurado como um agente de grande modificação do meio ambiente. Evoluindo gradativamente desde sua sedentarização, passando pela formação das primeiras cidades, até culminarmos, a partir do século XVIII, com o intenso processo de urbanização advindo da revolução industrial, a sociedade tem transformado a natureza buscando “no ambiente a reprodução e a sustentabilidade de sua vida” (HOGAN; OJIMA; MARANDOLA JUNIOR, 2010).

A partir da Revolução Industrial, a necessidade de atender a demanda de matéria-prima para a produção de bens de consumo e a crescente aglomeração da sociedade em ambientes urbanos, produziu um volume de alterações no meio que impactaram e continuam por afetar diretamente o equilíbrio ambiental. Derivado deste desequilíbrio passa-se a observar uma série de processos que impactam diretamente a sociedade, como a contaminação de ecossistemas, aumento de pragas, doenças, mudanças climáticas, desastres naturais, entre tantos outros que atingem diretamente o indivíduo ou à coletividade.

Dentre tantos problemas destacam-se os desastres naturais que, segundo Kobiyama et al. (2006), são fenômenos que tratam da relação de dominação humana sobre a natureza, que em grande parte das vezes resulta na derrota da sociedade, gerando diversos impactos como grandes perdas econômicas, desestabilização social, problemas psíquicos, impactos em contas públicas, desequilíbrio ambiental e principalmente perdas humanas. Esses desastres, em sua grande maioria, processos naturais, são potencializados por ações humanas de alteração ou ocupação inapropriada dos ambientes, seja em grande ou pequena escala, causando deslizamentos, inundações, secas severas, incêndios florestais, entre outros.

Apesar de muitos desses processos naturais serem previsíveis atualmente, devido aos avanços tecnológicos, alguns fenômenos, como os de origem geológica (terremotos, erupções vulcânicas e tsunamis) ainda não são possíveis de serem

previstos. Dessa forma, reforça-se ainda mais a necessidade de ações de planejamento dos territórios e do meio ambiente, já que não há possibilidade de impedir o fenômeno, seja ele previsível ou não, mas sim reduzir o risco de seu impacto sobre a sociedade.

Para tanto, faz-se necessária a compreensão do conceito de risco, entendido neste trabalho como a “possibilidade de que um fenômeno, que possa afetar a vida humana, aconteça” (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005). Não restrito unicamente à esta definição, o conceito de risco imbrica-se à uma variedade de outros temas que o permitem sustentar sua importância nas discussões que envolvem a sociedade e sua relação com o meio. Segundo Veyret (2007), o risco “não se trata de uma nova disciplina, mas uma abordagem global que integra os aportes provenientes das ciências ditas ‘duras’ (geologia, meteorologia, química, física) e da sociologia, do direito, da economia” (VEYRET, 2007, p. 11).

A compreensão do risco, sua formação e sua realização material no espaço, não podem deixar de serem analisadas de maneira processual ou sistêmica. A relação dos processos naturais que observamos por todo o globo e o conhecimento dos processos dinâmicos de organização da sociedade são fundamentais para a compreensão do atual estado de arranjo do espaço e para o seu planejamento, seja em questões ambientais ou na própria gestão de risco de desastres. Para tanto, os temas que envolvem a sociedade são fundamentais para a compreensão desses processos, destacando conceitos como urbanização, organização espacial, demografia, entre outros.

Nesse contexto, o processo de urbanização, potencializado pelos avanços tecnológicos, teve sua maior expressão no século XX, onde, segundo Costa (2010), a maioria da população mundial deixou de viver em espaços rurais e passou a habitar meios urbanos. Essa nova realidade materializou-se em aglomerações que hoje conjeturam-se em espaços insalubres e desordenados que contribuem para a vulnerabilidade da sociedade. No Brasil a realidade não é diferente, segundo IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2010) a intensificação da aglomeração da população em ambientes urbanos se deu a partir da década de 1970, quando se pode perceber uma mudança da dinâmica da população brasileira, a qual passou a concentrar-se em sua maioria em ambientes urbanos. O rápido crescimento observado nas cidades ao longo do último século, provocou uma série de novas investigações a

respeito da gestão do território e, conseqüentemente, dos riscos que o permeiam, buscando o entendimento de processos de transformação do espaço, relações sociais e do habitat em geral (MANSILLA, 2000).

Os episódios catastróficos oriundos de eventos climáticos extremos aliados à ocupação desordenada do espaço têm aumentado exponencialmente nos últimos tempos. Segundo (KÜNZLI et al., 2000), dos 55 milhões de óbitos ocorridos no mundo por ano, 4,5 milhões, quase 10%, estão associados aos riscos ambientais, como inundações, enxurradas, corridas detriticas, movimentos gravitacionais de massa, entre outros. No Brasil, a variabilidade climática atuante tem assumido papel potencializador na geração de risco à sua população. No ranking dos 50 maiores eventos catastróficos mundiais no ano de 2010, o Brasil está na 2ª e 18ª posição, respectivamente, pelas inundações e movimentos de massa ocorridos no período 01 a 05 de Janeiro e de 05 a 08 de Abril, do mesmo ano (MUNICH RE, 2011) .

Considerando a variabilidade climática e as características geomorfológicas variadas que o Brasil possui, observa em muitos casos a ocorrência de eventos danosos relacionados a equação, fenômenos naturais *versus* ocupação. Dessa forma, compreender o espaço e como este pode ser organizado, torna-se um desafio para gestores públicos e pesquisadores na busca pela compreensão de fenômenos, sejam eles sociais ou naturais, que possam auxiliar na redução de riscos de desastres.

Na preocupação em mitigar os impactos oriundos dos processos naturais que atingem a sociedade é notória a necessidade de direcionar pesquisas que possam compreender a formação desses espaços de risco. Esses são tratados muitas das vezes nas pesquisas acadêmicas ou pelo poder público, apenas por suas características físicas, ou seja, incidem sobre os dados geomorfológicos, geológicos, climatológicos, quantitativos, obras de contenção e ações que negligenciam as condicionantes sociais das áreas em questão.

Analisar a formação de espaços de risco como fundamento à pesquisa sobre desastres é perceber como os desastres podem influenciar e ser influenciados pela presença da sociedade, e como esta pode contribuir para a acentuação da quantidade e intensidade desses eventos.



Nesse contexto, o Município de Petrópolis ganha destaque. Localizado ao norte da capital do estado do Rio de Janeiro, na região serrana, em uma altitude média de 845 metros e com seu território distribuído entre as Unidades Geomorfológicas das Escarpas das Serras do Couto e dos Órgãos e na Unidade Planalto Reverso da Região Serrana (DANTAS, 2000). Petrópolis, em sua porção sul, possui relevo extremamente acidentado em vista das escarpas do reverso da Serra do Mar. À medida em que segue o sentido norte, o município gradativamente passa a configurar-se em um domínio montanhoso, com redução de amplitude do relevo, porém mantendo-se bem movimentado (DANTAS, 2000).

A ocupação do município distribui-se pelos fundos de vales e pelas íngremes declividades das encostas formadoras das escarpas serranas e domínios montanhosos. Com uma história de povoamento que remonta ao século XVII, o município passou por uma série de frentes de ocupação, momentos diferentes da história que consolidaram a organização do território de maneira diferenciada, culminando em uma organização espacial que atualmente é parte significativa na ocorrência de desastres.

Petrópolis teve seu sítio histórico (parte do atual 1º distrito) projetado no século XIX, com quarteirões e vias definidas em um plano urbanístico, que considerava características físicas e processos naturais para a definição das áreas dos lotes e outras características, planejamento muito eficiente para a realidade da época. No entanto, ao longo da evolução do espaço esse planejamento foi se perdendo devido à expansão urbana, consolidando-se de maneira desordenada ao longo do tempo, culminando em uma série de áreas que hoje sofrem recorrentemente com desastres que afetam a sociedade petropolitana.

Segundo Ceped - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, (2012) Petrópolis está entre os 10 municípios brasileiros que mais registraram desastres naturais no período entre 1991 e 2012. Quanto aos desastres por movimentos gravitacionais de massa, Petrópolis destaca-se como o município com maior número de ocorrências desses processos em todo o Brasil. No contexto estadual, segundo o mesmo autor, Petrópolis aparece como o município com maior número de desastres de qualquer natureza, no mesmo período. Esses números são notáveis, tendo como um dos episódios mais marcantes o evento de 2011, apontado

por Dourado, Coutinho Arraes e Silva (2012) como o Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro, onde Petrópolis foi uma das cidades mais atingidas.

Tomando o processo histórico de ocupação do município de Petrópolis e o suas estatísticas de desastres, compreender como os espaços de risco ali consolidaram-se é fundamental. Estas análises são balizadoras para ações de gestão risco e tomada de decisão sobre a gestão de desastres e o planejamento do município nas mais diversas óticas, principalmente no que concerne em ordenamento do território e políticas ambientais.

## **Objetivos**

### **Objetivo Geral**

Analisar a dinâmica de ocupação das áreas de suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa no Município de Petrópolis.

### **Objetivos Específicos**

O trabalho tem como objetivos específicos:

- a) Analisar a dinâmica de mudança de ocupação do município de Petrópolis entre os anos de 1995 e 2015, a partir da classificação do uso e cobertura da terra.
- b) Estimar o crescimento de ocupação sobre áreas suscetíveis à movimentos gravitacionais de massa no período entre 1995 e 2015;
- c) Analisar a correlação da dinâmica de ocupação e a ocorrência de deslizamentos no município de Petrópolis no período de 1956 à 2015.

## **1 Sociedade e natureza, uma relação de riscos.**

A dicotomia existente entre ciências físicas e humanas é cara ao conhecimento científico. Ao longo do tempo e com o avanço das técnicas científicas, as pesquisas relacionadas à sociedade e a natureza tomaram cada vez mais distância. Pesquisadores passaram a aprofundar suas ideias em áreas específicas do conhecimento, produzindo uma acentuação das dualidades entre as ciências ditas “duras” e “humanas”, sem perceber como essa dualidade poderia prejudicar o conhecimento científico, em detrimento de uma análise global e abrangente dos fenômenos.

A ideia de pensar-se a sociedade sem as peculiaridades naturais foi percebendo-se incabível, visto o caráter biológico de dependência dos seres humanos dos recursos naturais, bem como sua dependência econômica de muitos recursos. Santos (2006) afirma que é necessária uma distinção menos rígida entre a dita primeira natureza e segunda natureza, se tornando impossível dissociá-las uma vez que a primeira ao ser transformada continua sendo natureza. Reforça-se ainda a ideia dessa indissociabilidade com Santos (2002), onde o autor afirma que “a natureza é a segunda natureza da sociedade e que, inversamente, não há natureza humana, por que toda natureza é humana”(SANTOS, 2002, p. 89).

Essa negação da sociedade como parte do meio ambiente resultou em uma despreocupação com os efeitos da exploração e ocupação do meio. Somente na segunda metade do século XX as pesquisas voltadas às preocupações ambientais ganham força, passando-se a perceber a real necessidade de analisar natureza e sociedade em um mesmo contexto. A superação dessa dicotomia tende a valorizar a necessidade da união entre as ciências humanas e naturais em estudos que visem a compreensão de fenômenos que envolvam ambos. Essa união entre as ciências tende a potencializar os conhecimentos científicos e com isso clarear a realidade das transformações que a sociedade imprime sobre a natureza, construindo um olhar holístico de todo o processo de produção e reprodução do espaço.

Ou seja, é no contexto do pós-guerra que as preocupações com o ambiente vão gradativamente deixando de ser uma questão restrita aos seus aspectos naturais e passam a fazer parte das questões sociais, inclusive

atingindo a opinião pública, os órgãos governamentais e a comunidade científica. Enfim, é nesse momento que os dilemas passam a ser socioambientais e não apenas um debate centrado na natureza *stricto sensu*. (HOGAN; OJIMA; MARANDOLA JUNIOR, 2010)

Segundo Barbosa (2008) “nenhuma outra ciência, além da geografia, preocupa-se de modo consistente com distribuições de fenômenos no espaço terrestre” (BARBOSA, 2008, p. 624). Esses fenômenos muitas vezes podem ser estritamente naturais, como a chuva, os processos erosivos, a cheia de um rio, entre tantos outros. No entanto, os fenômenos que ocorrem no espaço geográfico muitas vezes serão influenciados pela sociedade. Nesse sentido, a geografia com suas características fundamentais de ciência espacial tenderia, por forças de suas raízes conceituais, aglutinar as questões ambientais e sociais dos fenômenos.

Para tanto uma compreensão de natureza, que se diferencie do senso comum, é importante para um entendimento conciso dessa natureza que envolve a sociedade e os ambientes naturais.

*la naturaleza (es decir, aquellos elementos y fuerzas cuya existencia es independiente de la voluntad humana) es concebida como una materialidad útil para el progreso del hombre; más precisamente, una materialidad que es dominada – e, incluso, mejorada – por obra de la ciencia, la técnica y las instituciones.* (CASTRO; ZUSMAN, 2009, p. 136)

O trecho apresentado elucida um conceito de natureza que por hora tende a uma definição clara do que se pretende compreender neste trabalho. Segundo esses autores, a partir da década de 1960 passa a pensar-se em uma natureza construída a partir das influências do capital. Essa natureza não é construída literalmente, mas sim forjada de acordo com as necessidades capitalistas e sendo também forma de exploração social. Sendo assim, a natureza deixa de ser vista de uma posição ingênua ou de cunho apenas naturalista e passa a ser analisada com o rigor do seu papel de contribuição na formação do espaço geográfico (CASTRO; ZUSMAN, 2009).

No contexto apresentado, é possível concluir a capacidade da geografia em compreender e analisar o espaço geográfico de forma multi-escalar e multi-processual, tanto no que se refere às visões dos fenômenos humanos, quanto dos aspectos físicos e processos naturais. A análise a ser feita vai além da de uma mera descrição dos fenômenos e de como esses podem ou não atingir a sociedade que está exposta, mas sim, necessita de uma análise abrangente, abarcando processos

histórico-sociais que permitiram determinada organização espacial e os processos físicos e naturais que são responsáveis pelas ameaças.

Dessa forma, a geografia enquanto ciência torna-se fundamental na compreensão dos fenômenos de risco de desastres e nas discussões da forma como esses distribuem-se pelo espaço geográfico, sejam eles naturais, ou derivados das próprias ações humanas.

Nas interpretações de Hewitt (1983 apud CASTRO; ZUSMAN, 2009) o desastre parte de uma má adaptação por parte da sociedade aos riscos naturais. Isso, de acordo com o autor, incorpora a necessidade de estudar as condições estruturais de como esse desastre ocorreu, basicamente políticas e econômicas. É necessário assim, compreender historicamente como esses espaços, que passam por desastres ou são espaços de risco, originaram-se e qual a relação dessa sociedade com esse espaço.

De acordo com pesquisas desenvolvidas pelo grupo do *Disaster Research Unit of University of Bradford* na Inglaterra, os desastres são resultado de processos econômicos e sociais globais, regionais e locais, que criam condições insustentáveis da existência humana frente aos eventos naturais extremos” (CASTRO; ZUSMAN, 2009). Podemos assim inferir de que os espaços que convivem com desastres são sociais, econômicos e politicamente construídos. Desta maneira, fundamenta-se que os riscos e os desastres estão ligados diretamente à uma lógica humana, esta afetada pelos processos naturais intrínsecos dos espaços aonde se reproduz.

Nesse sentido, a dicotomia entre as ciências físicas e humanas dificulta a pesquisa e a tomada de decisão nos saberes sobre os desastres e riscos, denotando a necessidade de compreender a relação da sociedade com a natureza e como estes podem influenciar-se mutuamente, para que a ocorrência de desastres seja ou não potencializada, de acordo com as variáveis em questão.

Segundo Lavell (2005), uma dessas variáveis a ser considerada é a ameaça, a qual assume um caráter perigoso quando enfrenta uma população vulnerável, caso contrário só existe um fenômeno físico. O mesmo autor ainda nos revela que o risco é um processo, sendo este proveniente da interação de diversos atores e instituições que produziram naquele espaço condições fundamentais para a ocorrência do desastre, sendo este o produto do processo.

Compreender o desastre a partir de sua construção social não é desafio de fácil superação para geógrafos e outros cientistas, visto que compreender como as relações sociais contribuem para a os desastres, que em sua maioria são oriundos de fontes naturais não é simplesmente identificar um processo físico que atingiu uma determinada parcela da sociedade, mas sim compreender como aquela parcela da sociedade contribuiu com condições para que aquele desastre ocorresse ou fosse potencializado.

### **1.1 O risco: uma construção social**

Para entendermos a origem social dos desastres que atingem a sociedade faz-se necessária a compreensão da construção social do risco e como esta reflete-se na materialização de diferentes fenômenos danosos à sociedade. Precisamos, para tanto, compreender como o espaço é formado, e como esse é definido e reproduzido historicamente pelas práticas sociais. Essa formação, a medida que se desenvolve e é reproduzida, define o espaço com características que se tornam fundamentais para o entendimento dos riscos e consequentemente dos desastres.

“O espaço surge na história através da organização territorial dada pelo homem à relação com o seu meio” (MOREIRA, 2007, p. 41). A afirmação do autor nos permite inferir que o espaço é uma construção social, revelando a variedade de formas possíveis de se pensar à formação do espaço. Este define-se, na geografia, como um conceito unificador, onde sociedade e natureza são integrados e analisados em processos únicos, indissociáveis. Sendo este um conceito chave da geografia, o espaço surge de um saber crítico que busca analisar as forças dominantes e dominados e como estas moldam o espaço.

Nos diferentes períodos da história da humanidade, o espaço foi ocupado de acordo com a necessidade da sociedade. Em função das técnicas utilizadas para a transformação da natureza e as características da mesma, a ocupação ocorreria em velocidades e maneiras diferenciadas, sendo a distribuição da população difusa ou desorientada (CORRÊA, 2007). Analisa-se ainda, que a partir das necessidades do

ser humano, tais como fome, sede e frio, verifica-se uma ação de intervenção na natureza, iniciada com o extrativismo, e posteriormente transformada em meio de subsistência e produção. Em contraponto, Beaujeu-Garnier (1988) afirma que o ambiente físico exerce papel incontestável na dispersão da sociedade pelo espaço geográfico, que embora forme a base inevitável, pode-se modifica-lo ou adapta-lo.

Com a evolução do sistema econômico e a estruturação do capitalismo como sistema hegemônico, a produção do espaço passou a ser diferenciada e estruturada a partir das necessidades que possibilitem a reprodução do capital. Os diferentes caminhos que a sociedade forçadamente toma devido a essas influências são refletidos na organização do espaço, determinando para quais áreas e de que maneira estas serão ocupadas pelos diferentes atores sociais, não mais orientadas unicamente pelas condições físicas do ambiente, mas agora forçada por forças hegemônicas de dominação (SANTOS, 2013).

A realidade da formação do espaço é dada por sua origem social, ou seja, pelo fato desses espaços serem formados e reproduzidos a partir de relações sociais. Lefebvre (2008, p. 43) revela que “o espaço social é um produto da sociedade, constatável e dependente, antes de tudo, da constatação, portanto, da descrição empírica antes de qualquer teorização”, ou seja, a compreensão da formação do espaço antes de ser teorizada, precisa ser analisada empiricamente, pela vivência, para ser compreendida a partir de realidades.

Ainda segundo Lefebvre (2008) o espaço e a sua organização resultam do trabalho e da divisão deste, isto é, as diferentes classes sociais são as quais mantêm a produção e reprodução do espaço. “O espaço é o lugar dos objetos produzidos, e em conjunto tornam-se funcionais” (LEFEBVRE, 2008).

O espaço não seria nem um ponto de partida (...), nem um ponto de chegada (...), mas um intermediário e em todos os sentidos desse termo, ou seja, um modo e um instrumento, um meio e uma mediação. Nessa hipótese, o espaço é um instrumento político intencionalmente manipulado, mesmo se a intenção se dissimula soa as aparências coerentes da figura espacial. (LEFEBVRE, 2008)

Quando o autor se refere ao espaço como um instrumento político, revela seu caráter manipulador, despontando seu papel de instrumento no direcionamento de interesses, seja de um ente individual ou coletivo. Esta realidade manipuladora materializa-se em espaços de risco, no momento em que estes, em sua maioria, são espaços de segregação. Dessa forma o espaço é formado pelo trabalho e sua

divisão, que segrega espacialmente as diferentes classes, as quais são também “arquitetos” desse espaço (LEFEBVRE, 2008).

Esta segregação espacial é resultado de uma série de arranjos econômicos e políticos que são refletidos na distribuição da sociedade pelo espaço. Essa segregação é mais evidente principalmente em núcleos urbanos. É comum identificarmos nas cidades uma espacialização visível da hegemonia do capital no processo de organização do território, moldando este conforme suas necessidades. As áreas de maior interesse e normalmente com menores suscetibilidades naturais são fundamentais para o desenvolvimento do capital, já que são ocupadas com instalações diversas, que buscam a manutenção das atividades de reprodução desse sistema. Em contraponto, os espaços descartados pelo capital são ocupados pelas forças de trabalho de menor poder aquisitivo, em áreas mais afastadas dos centros urbanos e com maiores suscetibilidades naturais. Verifica-se que esses espaços, via de regra, são parcelas do território que são expostas regularmente à uma série de ameaças como processos de inundações, deslizamentos, incêndios florestais, e em alguns casos são também áreas de risco tecnológico<sup>1</sup>.

Dentro deste cenário, compreender o conceito de risco e como este sendo tratado pelas diversas linhas de pensamento, em especial na geografia, é fundamental para a discussão acerca das condições em que a população se organiza espacialmente e como essas áreas podem ou não sofrer com os desastres.

A construção do conceito de risco não se faz de uma maneira simples, unicamente pela definição do termo em uma análise simplória da relação homem *versus* natureza. Segundo Veyret (2007) o risco é construído pela sociedade, os atores sociais percebem o perigo de diferentes maneiras, determinando assim categorias. No entanto, as categorias de risco misturam-se, podendo diversos fatores pertencerem a categorias distintas.

O risco e a percepção que se tem dele não podem ser enfocados sem que se considere o contexto histórico que os produziu e, especialmente as relações com o espaço geográfico, os modos de ocupação do território e as relações sociais características da época (VEYRET, 2007).

---

<sup>1</sup> Risco tecnológico: “Corresponde à probabilidade de ocorrer um acontecimento fora do comum, temporalmente inesperado, ligado à disfuncionalidades de um sistema técnico complexo e cujas consequências, de amplitude considerável, frequentemente permanecem difíceis de serem delimitadas de forma precisa no espaço e no tempo.” (VEYRET, 2007)



O risco está intimamente ligado à álea (acontecimento possível), só há a percepção do risco a partir do momento que é possível observar à ameaça (VEYRET, 2007). Ou seja, só podemos determinar o risco quando este é percebido através da união do acontecimento possível, iniciado por um agente indutor, tal que venha a afetar uma população vulnerável. O risco define-se pela possibilidade de que um fenômeno, que possa afetar a vida humana, aconteça (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005). Segundo Veyret (2007, p. 24) , o risco ocorre a partir “da percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele”.

## 1.2 A urbanização como produtora de espaços de risco

Os espaços urbanos materializam mais claramente a segregação espacial imposta, apresentando suas vulnerabilidades onde se concentram condições de infraestruturas deficientes aliadas a suscetibilidades a ameaças naturais, caracterizando o risco em sua forma mais complexa. Dessa forma, as discussões acerca do conceito de urbanização são fundamentais para a compreensão da formação social do risco, evidenciando como este processo contribui para a produção e reprodução do espaço e de seus riscos.

Segundo MANSILLA (2000) o fenômeno da urbanização se dá por dois fatores fundamentais: o crescimento natural da população e a migração campo-cidade. Ambos fenômenos são potencializadores para o crescimento das áreas de risco nas cidades, principalmente em países em subdesenvolvimento.

*Efectivamente, al menos en América Latina, y paralelo al crecimiento natural de la población, la migración del campo a la ciudad fue un factor detonante del proceso de urbanización. El impulso de las migraciones internas en la urbanización ha variado según los países y las regiones, pero pudo estimarse entre los años 60s y 70s en cerca del 70% del crecimiento poblacional urbano. Para principios de los años 80s, aunque este porcentaje había disminuido, seguía siendo sumamente elevado: entre el 30 y el 50% del crecimiento urbano. (BID, 1984 apud MANSILLA, 2000, p. 78-79)*

O processo de urbanização na América Latina, com a possível exceção de Cuba, não orientou a inversão do sistema produtivo, não planejou a construção de uma infraestrutura rural e urbana, muito menos a localização do capital humano com critérios espaciais de alcances nacionais e regionais, permitindo à urbanização um desenvolvimento espontâneo, não planejado (MANSILLA, 2000).

No Brasil o processo de urbanização tem seu período mais efetivo na segunda metade do século XX, onde na década de 1960 percebe-se uma mudança na dinâmica populacional brasileira. No entanto, segundo Santos (2013), durante a maior parte de sua história, o Brasil como um todo, era um país de características agrárias. O autor destaca que apenas no século XVIII que a urbanização no Brasil se desenvolve, onde a cidade passa a ganhar mais importância para os latifundiários, enquanto o campo permanecia apenas como zona de produção. No entanto, ainda são necessários mais dois séculos para que a urbanização brasileira se caracterize como a conhecemos hoje (SANTOS M., 2013).

Ainda segundo Santos M. (2013) o Brasil em 1940 tinha uma taxa de urbanização de 26,35% e em 1980 alcança 68,60%, tendo neste período triplicado a população total brasileira, ao passo que a população urbana multiplica-se por sete vezes e meia. Esses números revelam a velocidade do crescimento populacional das cidades em um curto espaço de tempo. Denotam também a dificuldade de organizar os espaços urbanos para esta “explosão demográfica”, culminando na realidade desordenada que observamos nas cidades brasileiras atualmente.

Mansilla (2000) afirma que o crescimento urbano desordenado propicia ao risco uma permeabilidade no espaço, garantido a este sua reprodução, propiciado por fatores como a velocidade da mudança, a degradação ambiental urbana, a vulnerabilidade no ambiente urbano e o surgimento de novos riscos.

*En el ámbito urbano, los componentes del riesgo (amenaza y vulnerabilidad) tienen un alto índice de participación humana y a diferencia de lo que ocurre en los contextos rurales, donde los factores del riesgo tienden a cambiar a velocidades más lentas, en las ciudades estos factores se exacerban de manera tal que muchas veces es imposible dar seguimiento a su evolución. La escala temporal con la que cambian estos factores es mucho más reducida. Su periodo de conformación es acumulativo y no sólo los cambios son más violentos, sino que tienden a complejizarse debido a la gran cantidad de elementos que intervienen en su conformación. (MANSILLA, 2000, p. 91)*

A variedade de elementos que compõe os ambientes urbanos são cruciais no entendimento dos riscos presentes. O acelerado processo de urbanização, que vem sendo observado por todo o mundo, gera uma série de questões como acentuação da degradação ambiental urbana, muita das vezes aliada à necessidade de moradia. A deterioração dos ecossistemas urbanos reflete-se em diferentes ameaças que tenderão a contribuir com o aumento dos desastres, como por exemplo, a acentuação da erosão das encostas ou de inundações, ambos processos naturais que, no entanto, são potencializados pela interferência humana.

Essa degradação, apontada anteriormente, é acentuada quando aliada às vulnerabilidades no âmbito urbano. Ainda segundo Mansilla (2000), a vulnerabilidade é um fator determinante na ocorrência de desastres nas cidades dos países subdesenvolvidos. A autora aponta que as grandes extensões de áreas suscetíveis sofrem com danos oriundos de diversas ameaças por conta da concentração de elementos expostos, como casas, infraestruturas, serviços e diversos outros, coligados à uma densidade demográfica elevada.

Aliados a estas áreas suscetíveis, a vulnerabilidade da população exposta contribui para que os danos oriundos de desastres sejam potencializados. Não necessariamente a população pobre é mais vulnerável, porém suas condições de marginalidade afetam direta e indiretamente a construção do risco, uma vez que tem maiores dificuldades de acesso às infraestruturas de minimização e/ou mitigação de desastres, bem como de acesso à informação privilegiada para responder às ameaças que permeia esses espaços.

O que parece estar claro é a necessidade de se compreender os processos evolutivos da urbanização para a apreensão dos riscos que permeiam as cidades. Sendo assim as discussões que envolvem os riscos sempre denotarão uma análise da ocupação espacial, o que em ambientes urbanos será possível compreender através dos processos evolutivos de urbanização das cidades.

## **2 EVOLUÇÃO ESPACIAL DA OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS-RJ**

Discute-se no mundo a gestão de risco de desastre e as formas de minimização, mitigação e resposta a esses eventos e em consequência à população exposta. Atualmente essas discussões não buscam mais apenas o entendimento dos processos deflagradores das ameaças, como chuvas, processos endógenos, alterações na paisagem, ou apenas as medidas de resposta. Discute-se também a formação social do risco, a qual está ligada aos processos de evolução do espaço, como urbanização, migração, degradação ambiental e até mesmo de perda da identidade cultural.

Petrópolis, cidade da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, possui um histórico de desastres que remonta ao período imperial brasileiro. Devido à sua posição geográfica, convive com diversas ameaças de cunho hidrometeorológico, como chuvas de grande altura concentradas nos períodos de verão, somadas a uma geomorfologia suscetível a deslizamentos e inundações bruscas é cenário recorrente de desastres, dando à Petrópolis um destaque no cenário de desastres no Brasil.

Essa realidade de risco de desastres configura-se apenas quando inserimos nesse contexto a vulnerabilidade da população que anima este espaço. Nesse sentido, analisar o processo de urbanização do município de Petrópolis e como esse processo se desenrolou ao longo do tempo é fundamental para o entendimento da formação de áreas de risco. Conhecer como os processos ocorreram, de que maneira se organiza espacialmente a sociedade sobre determinado território, quais são suas ligações afetivas com aquele espaço, sua identidade cultura e tantos outros fatores são ferramentas para compreender a construção social do risco e subsidiar a gestão.

## 2.1 Evolução Urbana de Petrópolis

Como parte do processo histórico brasileiro, o Município de Petrópolis na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, guarda uma grande importância relevante no desenvolvimento do país, seja pelos fatos ocorridos na cidade durante a monarquia, devido à cidade ser sede do antigo palácio de verão do Imperador Dom Pedro II, ou pela importância política dos eventos que ocorreram na cidade devido os longos períodos que o Imperador passava na região. Posteriormente, com a instituição da República o município ainda vivenciou momentos importantes da história brasileira. No entanto a cidade guarda elementos que vão além dos historiográficos, revelando uma importância enorme no entendimento dos processos de urbanização do Brasil, uma vez que por ter sido uma cidade projetada, esperava-se um desenvolvimento diferenciado de outros espaços urbanos do território.

É nesse contexto que o município de Petrópolis se encaixa na compreensão dos processos de evolução urbana e como esses podem propiciar uma espacialização diferenciada dos riscos de desastres. O processo de urbanização de Petrópolis torna-se diferenciado devido às normas instituídas na época de sua fundação que contribuíram de maneira distinta para a atual configuração do espaço urbano Petropolitano e consequentemente dos riscos aos quais a cidade está exposta.

Os primórdios da organização espacial do município de Petrópolis podem falar muito sobre os processos que identificamos hoje. O plano de Povoação do Palácio de Verão implementado através do Decreto Imperial 155 de 16 de março de 1843 que autorizava a execução de ações nas terras de posse do Imperador Pedro II, dariam como resultado a instalação da colônia na serra.

Uma das características mais importantes do processo de planejamento da colônia foi a implementação do que ficou então conhecido como o Primeiro Código de Obras de Petrópolis. Esse código visava uma série de normas que tinham como objetivo padronizar as construções de maneira a manter uma equidade e o modelo paisagístico proposto por Koeler no que chamamos de Planta Original, conforme

mostra a Figura 1. Segundo Rabaço (1985) entre os dezesseis artigos que compunham o código os que mais destacam-se são:

- a) A concessão de terrenos em quadrilongos de 5 braças de frente por 10 braças de fundo (aproximadamente 55 x 110 metros);
- b) Proibição de subdividir os prazos de terra;
- c) Obrigação de construir no período de dois a quatro anos;
- d) Determinação de construir as casas junto às ruas ou praças;
- e) Prévia aprovação das fachadas das edificações;
- f) Obrigatoriedade de plantio de alamedas de árvores frondosas nas ruas e praças fronteiras, segundo espécie e alinhamento pré-determinados;
- g) Construção de calçada com 10 palmos de largura em alvenaria no prazo de um ano, e de pedra no prazo de oito anos;
- h) Obrigação de cercar ou murar solidamente os prazos de terra no período máximo de um ano. (RABAÇO, 1985, p. 65)

Figura 1 - Planta Petrópolis criada pelo Major Júlio Frederico Koeler em 1846.



Fonte: Acervo Digital da Biblioteca Nacional

O plano urbanístico não constava apenas como projeto de embelezamento dos entornos da área do Palácio de Verão do Imperador, mas já era possível observar uma grande preocupação de Koeler com os quesitos geomorfológicos da região, já observados na época, seja das encostas ou dos rios. Essa preocupação fica clara em alguns itens do citado decreto imperial, como, por exemplo, no artigo nas instruções para a efetivação do aforamento de lotes das terras imperiais, onde

era obrigatoriedade a canalização de águas pluviais e de possíveis corpos hídricos que fossem presentes nos lotes, tendo estas definidas e forma indicadas pelo decreto. Essas e outras medidas possivelmente objetivavam, prevenir os deslizamentos e as inundações ocorridos durante as precipitações concentradas nos períodos de verão.

Outra observação em relação ao plano urbanístico de Koeler que podemos fazer com os riscos, é o parcelamento do solo que foi feito durante a implantação da vila. Segundo Morley (2001) foram divididos em três classes de prazos as concessões em Petrópolis durante o período de fundação, que são:

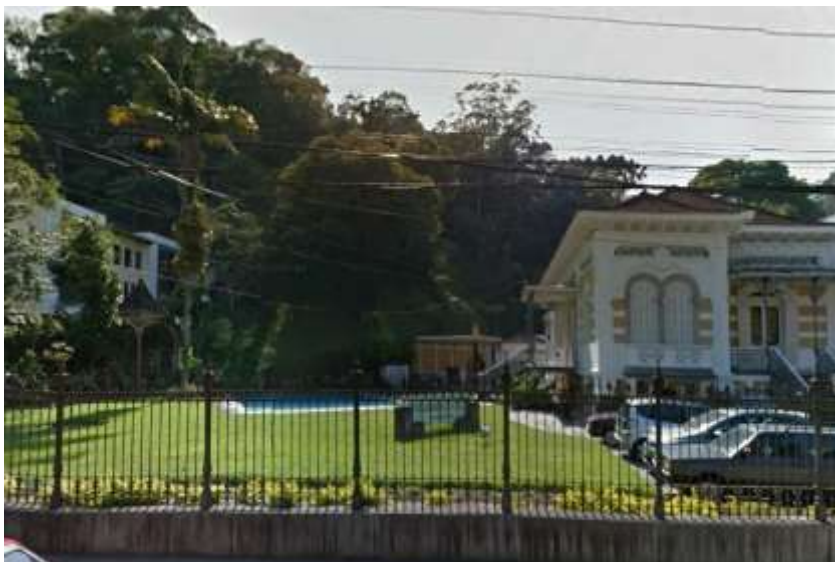
- a) A 1ª classe compreende aos prazos colaterais a estrada, fora do lugar de povoação, cada uma de 5 braças de testa com cem de fundo, pelo foro perpétuo de 2\$500, sendo permitido a cada foreiro reunir vários prazos até somente 10 ou 50 braças de frente com as já mencionadas 100 de fundo, ou ainda mais, mediante novo foro, que se convencionará pelo acréscimo. O foreiro terá obrigação de construir uma casa de habitação ajardinada na frente;
- b) Os prazos da povoação futura formam a 2ª classe, a sua testada é igualmente de 5 braças com fundos conforme a rua ou quarteirão, e com aforo perpétuo de dez réis por braça superficial. Cada foreiro poderá reunir dois prazos, ou 10 braças de frente, e terá obrigação de construir uma casa de moradia à beira da rua, os foreiros de 1ª e 2ª classe terão de submeter à aprovação do abaixo assinado a planta do frontispício dos prédios que pretendem levantar;
- c) Os prazos de 3ª classe se acharão no interior da fazenda, a sua superfície e seu foro igualmente perpétuo, serão objetos de convecção, e os foreiros não terão obrigação alguma. (MORLEY, 2001, p. 49 - 50)

Essa divisão dos prazos de terra revela uma preocupação com a ordenação do espaço de maneira a manter a organização do espaço e a equidade entre terras e construções que seriam feitas na cidade. No entanto nas divisões de terras é possível perceber que entre as classes existem diferenças entre as obrigações que deveriam ser cumpridas pelos foreiros que se tornassem donos das terras. As terras que fossem classificadas como as de 1ª classe, eram mais próximas ao palácio, as quais deveriam manter um padrão de embelezamento definido dentro de modelos, necessitariam respeitar os tipos de construções e até mesmo a arborização, que obrigatoriamente, deveria ser feita.

Essa obrigatoriedade resultaria hoje no que identificamos nas casas mais próximas ao atual Museu Imperial, o antigo palácio. É possível observar uma maior organização do espaço e uma consequente manutenção de condições

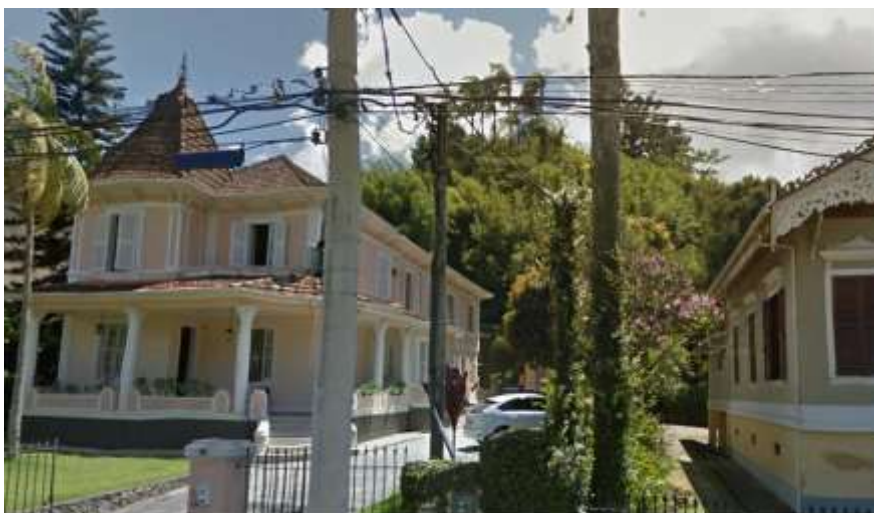
geomorfológicas previstas pelo plano urbanístico de Koeler no século XIX, como podemos observar nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Preservação de encosta nos fundos dos prazos próximo ao atual Museu Imperial.



Fonte: Google Street View.

Figura 3 - Preservação de encosta nos fundos dos prazos próximo ao atual Museu Imperial.



Fonte: Google Street View.

Nos prazos considerados de 2ª classe era possível ainda identificar um cuidado específico com as condições de construção e preservação da área e até mesmo com a questão arquitetônica das casas a serem construídas naqueles espaços. As construções deveriam ser feitas próximas às ruas, as quais acompanham os fundos de vale, áreas normalmente planas, afastadas das



encostas, que em sua maioria faziam parte das braças de terra destinadas aos foreiros.

Já os prazos de 3ª classe que eram distantes do palácio possuíam as mesmas medidas em área, no entanto, os foreiros não possuíam obrigações para com os padrões de organização do espaço ou se quer com os padrões de arquitetura definidos pelo plano urbanístico do arrendatário da fazenda imperial, o Major Koeler.

Essa diferenciação de áreas promovida pelo projeto de fundação da cidade contribuiu de maneira significativa para a evolução e concretização do atual espaço urbano do município que muito resulta na consolidação das áreas de risco.

A evolução do município inicia-se a partir da área que é conhecida como planta original, e a partir dela as áreas ainda não povoadas foram sendo ocupadas e as exigências feitas aos foreiros que obtivessem terras fora da planta original não foram sendo cumpridas. Dessa maneira o processo de urbanização do município inicia-se baseado no que Morley (2001) nos apresenta sobre o planejamento das cidades do século XIX.

Do ponto de vista estrutural, nas velhas cidades da Europa, as transformações dos meios de produção com a emergência de novas funções urbanas contribuíram para o rompimento com a cidade medieval e barroca; uma nova ordem foi criada, adaptando-se a cidade à sociedade que a habitava. Essa nova ordem comportava algumas características, como a racionalização das vias de comunicação, a especialização dos setores urbanos, e a crescente importância da suburbanização, com o deslocamento das classes média e operária para os subúrbios. (MORLEY, 2001)

Esse processo de organização se dá em Petrópolis no que Ambrozio (2008) revela como um processo de europeização da cidade. Esse processo se mantém na cidade durante o período colonial de maneira a atender à organização do Plano Koeler e à vilegiatura que se instaurou como ponto alto da cidade para a corte e os nobres do Brasil Imperial.

Com o desenrolar da história do país, novas atividades transformam o espaço petropolitano, alterando novamente a forma de ocupação da cidade. Ao final do século XIX, a história de Petrópolis passa por um período de industrialização em que uma série de empreendimentos, principalmente têxteis, tornam-se parte da paisagem urbana do município (ARBOS, 1943). Esse processo de inserção de

unidades fabris no município propicia uma nova reorganização do espaço, derivando agora não mais apenas ao planejamento elaborado por Koeler, mas seguindo agora uma nova lógica de urbanização focando no processo fabril e nas necessidades de produção.

Esse segundo momento de evolução urbana do município, que se estende pela primeira metade do século XX propicia uma organização diferente da primeira. A instalação dessas plantas industriais, que segundo Arbos (1943) somavam, no ano de 1937, 102 empresas registradas como indústrias, as quais somavam, ainda segundo o mesmo autor, mas de 8000 funcionários.

Estes números revelam que a cidade ganhou uma nova estrutura econômica que se refletiu diretamente na organização do espaço, em vista da necessidade de moradias para os operários e suas famílias, atividades que subsidiem o funcionamento das fábricas, deslocamento e acondicionamento de matéria-prima e produtos. Outros fatores fundamentais na localização das unidades fabris eram o acesso à água e a geração de energia hidrelétrica, que aliados aos citados anteriormente compunham um conjunto de atividades que produziram mudanças significativas na organização espacial de Petrópolis.

A mão de obra, ainda à época tão importante na execução das tarefas fabris não poderia ser desqualificada, o que trouxe uma nova onda de imigrantes europeus para a cidade, já com conhecimento em trabalhos industriais. Estes recebiam casas dispostas próximas às unidades, configurando uma nova onda de ocupação do território, que cresceria com o aumento da população.

Esse novo momento do processo de urbanização do município provoca uma série de alterações que transformaram as ideias originais do plano urbanístico da vila imperial. Novas partes da cidade foram sendo tomadas como pontos focais de ocupação, recebendo um processo de urbanização rápido, com a inserção de vilas e sobrados para a moradia dos operários e suas famílias.

Esse novo momento da urbanização da cidade abre novas frentes de ocupação, já que além da instalação das fábricas, a oferta de empregos diretos e indiretos devido à industrialização da cidade, atraíram uma onda de migração de áreas como Baixada Fluminense, São Paulo e Minas Gerais (MESQUITA, 2012). A alocação das plantas industriais bem como o aumento da população, em diferentes

áreas do município, propiciou a ocupação de novas áreas e a remodelação dos prazos de terra definidos na planta original da cidade (VASCONCELOS, 1981).

A configuração urbana propiciada pelas modificações advindas da instalação de indústrias na cidade, se mantém estável até meados da década de 1960, com o declínio das unidades. As mudanças econômicas e sociais que ocorriam em todos o país, começam a refletir-se em Petrópolis e novas configurações urbanas começam a surgir nesse período.

## **2.2A Remodelação do Espaço Urbano Petropolitano e o Aumento de Áreas de Risco.**

A remodelação do espaço urbano de Petrópolis, desde sua fundação como cidade, teve alguns momentos de mudança, como os da segunda metade do século XIX com a instalação de unidades fabris, e as alterações que foram sofrendo com a chegada de imigrantes estrangeiros e migrantes brasileiros. Essas alterações no espaço são pequenas em comparação aos processos que a cidade enfrentaria na segunda metade do século XX. Ambrozio (2008) nos faz uma descrição fundamental para a percepção das brutais mudanças da característica da cidade de Petrópolis. Uma cidade que possuía em suas raízes características turísticas, voltada para o bucolismo e as famosas viagens a serra como recomendações médicas, passa a enfrentar uma alteração de suas características em vista da remodelação dos modelos econômicos.

Petrópolis vive esses momentos de uma cidade da elite e do turismo durante pouco mais de um século, saindo desde o início de sua construção no século XIX no segundo reinado do Estado Imperial Brasileiro, adentrando pela República e sendo abraçada por esse novo período do estado brasileiro, também como uma cidade de vilegiatura. (AMBROZIO, 2008)

O declínio ocorrido nas características bucólicos do município, o fechamento das indústrias e o novo período político brasileiro que se iniciava nos meados da

década de 1960 contribuíram para uma reorganização do espaço petropolitano. As características essenciais do planejamento do século XIX começam a entrar em declínio proeminente, que culminaria em um período de quase 30 anos depois em uma série de alarmantes desastres ocorridos no município.

Muito dos loteamentos e ocupações populares das encostas e cumeadas, por exemplo, na década de 1970, que surgiram na imprensa da cidade como problema urbano petropolitano já estavam estabelecidos nos anos de 1960; diversos edifícios de classe média, que modificaram definitivamente a paisagem urbana da zona central, foram construídos nas décadas de 1960 e 1980. Algumas das grandes unidades habitacionais, que adensaram vários bairros – unidade multifamiliares construídas pelo Estado através do antigo BNH - , foram inauguradas entre os decênios de 1970 e 1980. Os anos de 1970 estão aqui como marco, porque fazem parte de temporal circunvizinhança aniquiladora do ordenamento urbano nascido do projeto da casa Imperial para Petrópolis. É um decênio representativo, pois, de fato, é nesse período que se faz notar os primeiros efeitos, em relação à vilegiatura da transferência da capital federal para o planalto central; são nesses anos de 1970, por fim, que a economia da cidade iniciará seu processo de desindustrialização, sobre tudo têxtil. Escrito de outra forma, essa década importa porque foi nesse intervalo que as consequências de várias ações sócio espaciais, levadas a cabo nos anos anteriores, ostensivamente desembarcaram, inaugurando-se nesse mesmo período, igualmente, intervenções espaciais que, nas décadas posteriores, iriam tornar-se latentes como problema urbano petropolitano. (AMBROZIO, 2008)

Essas alterações observadas no espaço petropolitano resultaram de maneira significativa em eventos danosos que ocorreriam no espaço petropolitano nos anos subsequentes à essa nova ordem de organização espacial encontrada no município. Na década de 1980 percebe-se um aumento no número de desastres que ocorrem no município, principalmente os ligados à deslizamentos, em comparação com as décadas anteriores (GUERRA; GONÇALVES; LOPES, 2007).

Guerra, Gonçalves e Lopes (2007) dividem a ocupação do município de Petrópolis em três períodos onde as alterações na paisagem ocorriam. O primeiro compreendia de 1845 até 1945, onde as ocupações eram restritas aos fundos de vale e as planícies fluviais, isso tudo devido à baixa densidade urbana e à legislação vigente.

No segundo período, entre 1945 e 1964, observa-se uma nova ordem de ocupação do município. Com as mudanças nas leis de uso e ocupação do município, ocorre o parcelamento indiscriminado dos lotes no sentido de sua profundidade, ganhando espaços nas encostas adjacentes às áreas já urbanizadas, além de encostas com menor declividade, como os terrenos extremamente

perigosos, as faixas de sopé de encostas íngremes e rochosas (IPT, 1991 apud GUERRA; GONÇALVES; LOPES, 2007).

Essas alterações ocorridas nas encostas do município propiciaram uma primeira linha de aprofundamento das áreas já naturalmente suscetíveis à processos geomorfológicos de movimentos gravitacionais de massa e até mesmo de forma indireta em processos de inundações ocorridos nas áreas de fundo de vales devido ao aumento significativo do desmatamento das encostas.

Em um terceiro momento e não menos importante, entre os anos de 1964 até 1976, a expansão urbana ocorreu sobre setores até então não ocupados, como encostas ainda mais problemáticas, devido à alta declividade do terreno e a instabilidade do mesmo e as forma inadequadas de parcelamento e edificação (GUERRA; GONÇALVES; LOPES, 2007).

A partir de 1976, com destaque para segunda metade da década de 80 até os dias atuais, além da abertura de loteamentos executados sem qualquer critério quanto às limitações dos terrenos, a expansão urbana passa a se dar também através de invasões em áreas públicas ou em terrenos não ocupados, até por apresentarem maior declividade e/ou se constituírem áreas sob legislação da APA de Petrópolis, convertendo-se em áreas de risco, situadas no sítio urbano. (GUERRA; GONÇALVES; LOPES, 2007)

O trabalho desenvolvido por Guerra; Gonçalves e Lopes (2007) revela a concretização da evolução urbana do município na direção das encostas mais íngremes. Podendo-se observar esses processos em uma série de bairros distribuídos, principalmente pelos 1º e 2º distritos, onde áreas são ocupadas indiscriminadamente.

O entendimento dos diferentes momentos de ocupação do território petropolitano, se faz necessário para que se possa compreender como se desenvolveu a atual configuração espacial do município, e de que maneira esse processo se constitui no tempo e no espaço, e como estes podem refletir-se na consolidação de áreas de risco.

O início da ocupação do território, que hoje configura-se como o primeiro distrito de Petrópolis, conforme apontou Morley (2001) e Rabaço (1985), foi um processo planejado que seguia regras e apontava diretrizes para o ordenamento do território. Posteriormente, conforme apontam Ambrozio (2008) e Arbos (1943), o processo de industrialização da cidade promove uma nova frente de ocupação e

organização do território. Ainda muito próximo do planejamento original, esse momento de alterações é marcado pela intensificação da urbanização, devido principalmente às alterações demográficas, no entanto ainda sem causar grandes mudanças no padrão de ocupação.

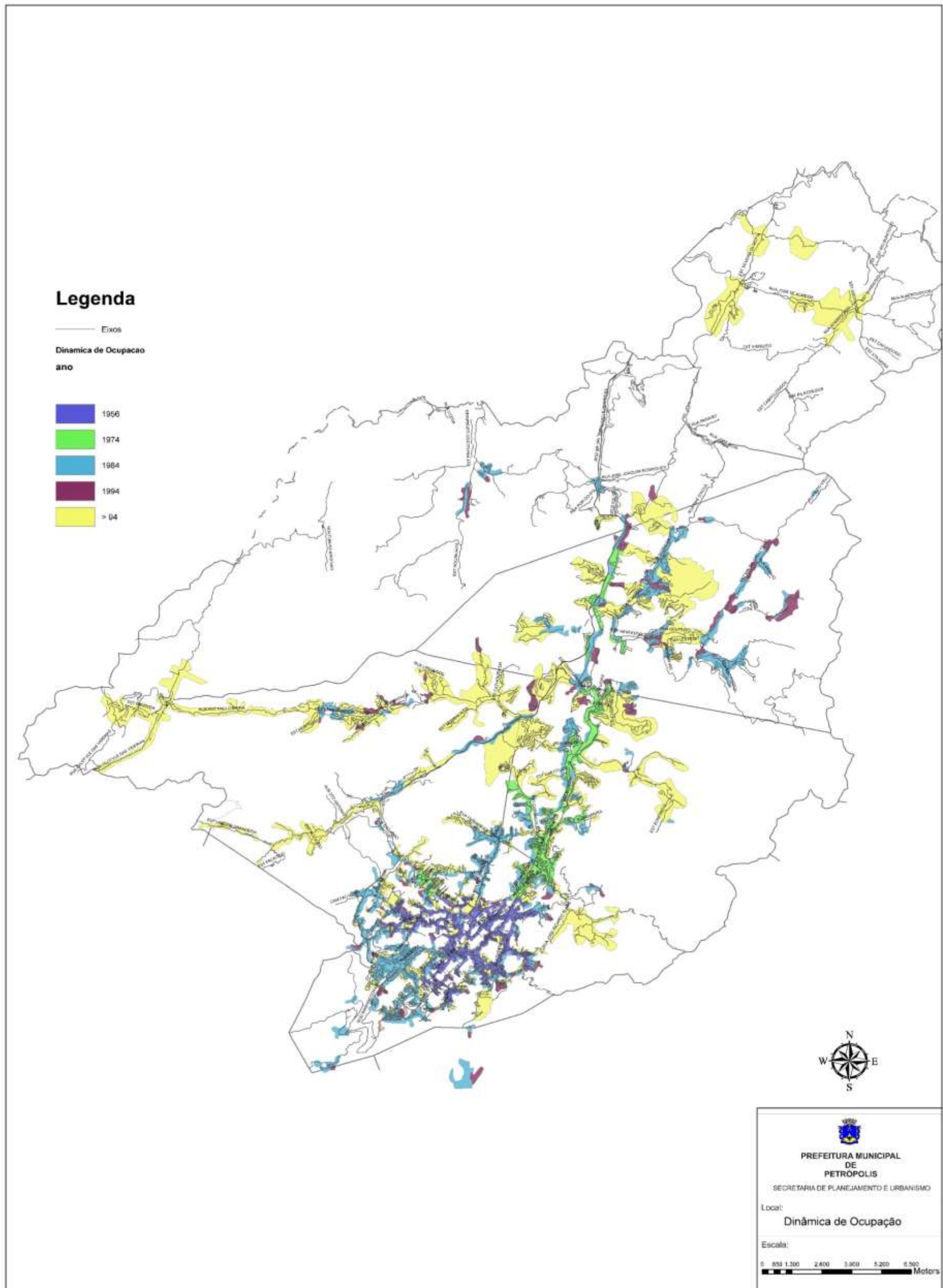
Por fim, na segunda metade do século XX é que se observa o início de uma ocupação descontrolada do território petropolitano, conforme aponta Guerra, Gonçalves e Lopes (2007), uma forte urbanização é observada no município, promovendo a ocupação descontrolada de leitos de rios e encostas de declividades mais acentuadas.

A figura 4 apresenta um mapa elaborado pela Prefeitura Municipal de Petrópolis com a dinâmica da ocupação do município a partir da década de 1950, onde podemos observar os limites do planejamento da Planta Petrópolis na área de cor violeta. Posteriormente observamos o segundo momento mais forte identificado pelos autores, que é o período correspondente à 1974, onde observamos a expansão em direção ao norte do município, principalmente no segundo distrito, onde observamos um adensamento populacional nas encostas do vale do Rio Itamarati. Outra área que apresenta uma nova frente de ocupação, no mesmo período, é a planície de inundação do Rio Piabanha, que corta o município.

O terceiro momento que observamos na figura 4 é o período de 1984, onde observamos uma grande evolução da mancha urbana, principalmente no primeiro distrito e em algumas partes do segundo e terceiro distrito. No período seguinte de 1994 observamos um incremento pouco significativo na área da mancha urbana de Petrópolis, onde observamos a evolução da expansão ocorrida no decênio anterior, sempre em regiões mais altas dos vales.

Posteriormente, no que o mapa identifica como a ocupação após 1994 (>94), de cor amarela, é onde identificamos novas franjas de expansão urbana pelo município, onde vales até então de pouco destaque, principalmente no segundo, terceiro e quinto distrito passam a apresentar novas áreas de ocupação.

Figura 4 - Dinâmica da Ocupação de Petrópolis



Fonte: Prefeitura Municipal de Petrópolis, 2004.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

A partir da análise do processo evolutivo da ocupação do território de Petrópolis, constatou-se a necessidade de analisar como se dá esta expansão e identificar se esta ocorre por sobre áreas de alta suscetibilidade à deslizamentos.

Com base nas pesquisas desenvolvidas, identificou-se dois fatores fundamentais para a definição da temporalidade utilizada nesta análise do território. Um deles concerne ao fato do município de Petrópolis ser o município com a maior ocorrência de deslizamentos no período de 1991-2012. Outro ponto que define o recorte temporal adotado aqui é o fato da análise de expansão do município produzido pela Prefeitura Municipal de Petrópolis, ter seu ponto final no ano de 1994, o que dificulta a análise da dinâmica de ocupação do território do município até os dias atuais.

Aliando estes dois fatores definiu-se por analisar o processo de expansão da área de ocupação a partir da década de 1990, afim de perceber o seu comportamento em um momento mais contemporâneo, associando às áreas de suscetibilidade que se conformam no município.

Para a análise da dinâmica de ocupação do município de Petrópolis, além dos dados bibliográficos apresentados anteriormente, buscou-se produzir uma análise espacial do território do município a partir de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens (PDI).

O sensoriamento remoto tem como definição clássica um conjunto de técnicas que tem por objetivo obter informações sobre objetos de diferentes ordens, sem que haja contato físico com estes (NOVO, 2010). No contexto geográfico o sensoriamento remoto pode ser entendido como o conjunto de meios pelo qual se dá a obtenção de informações relativas aos recursos naturais, meio ambiente e sociedade, por meio de sensores instalados em plataformas em altitude (como balões, foguetes, aviões, satélites e drones), coletando a radiação eletromagnética emitida ou refletida pelos corpos na superfície terrestre, convertendo-a em informações, que após processadas, possam gerar imagens (SLATER, 1980).



As imagens adquiridas através de técnicas de sensoriamento remoto permitem análises espaciais e temporais de grandes áreas da superfície terrestre, possibilitando estudos em diversas áreas do conhecimento e permitindo o entendimento das transformações do espaço e dos ambientes, naturais ou antrópicas, destacando-se entre estas as alterações promovidas pelos desastres naturais e pela expansão urbana (FLORENZANO, 2005).

Uma das atividades em que mais se utiliza as técnicas de sensoriamento remoto é a classificação de uso e cobertura da terra, devido à extensão das áreas e a periodicidade de imageamento estes recursos permitem o monitoramento e a análise das mudanças que ocorrem em determinados recortes espaciais e temporais. Estas análises permitem visualizar o espaço geográfico de forma a viabilizar uma interpretação em escalas geográficas diferenciadas, desde globais até mesmo locais, uma vez que a evolução das tecnologias já possibilita imagens com resolução espacial na casa dos centímetros.

Durante os processos de desenvolvimento da classificação de uso e cobertura da terra, as imagens de sensoriamento remoto são submetidas à uma série de processamentos digitais que buscam definir as diferenças geradas pelas distintas respostas espectrais dos alvos imageados. Essas técnicas são aplicadas à medida em que se busca a identificação de diferentes feições ou fenômenos que possam ser observados na imagem.

Entre as etapas de processamento digital de imagens podemos destacar as de pré-processamento, que segundo Florenzano (2013) refere-se as técnicas aplicadas aos dados em sua forma mais bruta, com finalidade de corrigir distorções radiométricas, reduzir efeitos da atmosfera e ajustar distorções geométricas.

Posteriormente às etapas iniciais, são aplicadas técnicas de realce das imagens, que tem por objetivo “melhorar a qualidade visual das imagens e facilitar o trabalho de interpretação” (FLORENZANO, 2011). Entre as inúmeras formas de realce a geração de composição coloridas torna-se fundamental para a classificação de uso e cobertura da terra, uma vez que a aplicação de cores sobre as imagens possibilita uma melhor discriminação dos alvos analisados (IBGE, 2013).

De posse das imagens em composição colorida é possível a aplicação da segmentação como técnica que auxiliará na definição das classes de uso e

cobertura da terra. Essa técnica permite fragmentar a imagem em regiões que tenham respostas espectrais similares, sobre as quais é executada a classificação. Nesta etapa é possível a definição de amostras para a aplicação de classificação supervisionada por máxima verossimilhança (FLORENZANO, 2011; OLIVEIRA, 1999), a qual será utilizada neste trabalho.

As técnicas de classificação de imagens digitais visam ao reconhecimento automático de objetos, em função de determinado critério de decisão, agrupando em classes os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais. O resultado de uma classificação digital de imagens, portanto, é um mapa temático, no qual cada pixel ou grupo de pixels (quando a imagem é segmentada) da imagem foi classificado em uma das várias classes (ou temas) definidas. A intenção é tornar o processo de mapeamento mais quantitativo, objetivo, rápido e com possibilidade de repetição em situações subsequentes. A interação do intérprete com o processamento automatizado, no entanto, é fundamental para o sucesso de uma classificação. (FLORENZANO, 2011, p. 7).

Os resultados de classificações automáticas têm evoluído consideravelmente com o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, no entanto os conhecimentos temáticos do intérprete sobre a região a ser estudada ainda contribui significativamente na definição das amostras e na avaliação do resultado da classificação. Além disso nas etapas de pós-processamento, como edição matricial e aplicação de filtros, o conhecimento do pesquisador é fundamental para a correção de erros e para a acurácia da classificação.

### **3.1 Classificação do Uso e Cobertura da Terra do Município de Petrópolis para os anos de 1995 e 2015**

Para a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Petrópolis foi necessária a identificação de produtos de sensoriamento remoto que possuísem registros periódicos da região desde o início da década de 1990. Para tanto foram identificados apenas as imagens provenientes dos satélites da família *Landsat*, os quais fazem o imageamento da região no período necessário para a

análise. A falta de cobertura de outros satélites inviabilizou a utilização de imagens de alta resolução, uma vez que estes recursos não se encontram disponíveis em todo o período da análise aqui em questão.

A obtenção das imagens se deu no catálogo do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), onde foram obtidas as cenas 075 e 076 do satélite *Landsat 5* na órbita 217, na data de 16 de julho de 1995 e as cenas 075 e 076 do satélite *Landsat 8* na órbita 217, na data de 11 de outubro de 2015. Estas imagens foram escolhidas tendo como critério de aquisição a cobertura máxima de nuvens de 10%, para que permitisse o aproveitamento máximo da imagem no que concerne à identificação dos alvos. As tabelas 1 e 2 apresentam as informações técnicas referentes ao conjunto de bandas adquiridas na plataforma do INPE.

Tabela 1 - Dados técnicos da Imagem Landsat 5, ano de 1995.

Satélite	Landsat 5	
Sensor	TM	
Órbita	217	
Ponto	<b>075</b>	<b>076</b>
Data de Passagem	16/07/1995	16/07/1995
Sceneld	L5TM21707619950716	L5TM21707519950716
Revolução	60489	60489
Latitude Norte	-22,19000	-20,74970
Longitude Oeste	-44,12070	-43,77440
Latitude Sul	-24,03420	-22,59190
Longitude Leste	-42,63880	-42,30730
Tempo Central (GMT)	11:56:45	11:56:21
Orientação da Imagem	8,19998	8,19998
Ângulo de Incidência Solar	0	0
Azimuth Sol	48,0189	48,4193
Elevação do Sol	27,3947	28,475
<b>Cobertura de Nuvens</b>		
<b>075</b>		<b>076</b>
Q1 10	Q2 0	Q1 0
Q3 10	Q4 10	Q2 0
		Q3 10
		Q4 10

Fonte: INPE.

Tabela 2 - Dados técnicos da Imagem Landsat 8, ano de 2015.

Satélite	Landsat 8	
Sensor	OLI	
Órbita	217	
Ponto	075	076
Data de Passagem	11/10/2015	11/10/2015
Sceneld	L8OLI21707520151011	L8OLI21707620151011
Revolução	-	
Latitude Norte	-20,595144	-22,03876
Longitude Oeste	-44,192982	-44,54559
Latitude Sul	-22,747517	-24.18514
Longitude Leste	-41,923592	-42.25614
Tempo Central (GMT)	12:51:36	12:52:00
Orientação da Imagem	-	
Ângulo de Incidência Solar	-	
Azimuth Sol	-	
Elevação do Sol	-	
Cobertura de Nuvens		
075		076
Q1 0	Q2 0	Q1 0
Q3 0	Q4 0	Q3 0
		Q2 0
		Q4 0

Fonte: INPE.

De posse das imagens procedeu-se a identificação das bandas que seriam utilizadas para a composição colorida. Segundo Oliveira (1999) as bandas definem a variedade de respostas espectrais que um sensor é capaz de distinguir entre as respostas de um determinado alvo. De acordo com cada sensor haverá uma mudança da qualidade espectral (número de bandas) e as principais aplicações de cada uma delas.

O sensor TM (*Thematic Mapper*) utilizado na Landsat 5 tem uma resolução espectral de 7 bandas. Segundo (USGS, 2018), as bandas 3, 4 e 5 são as que apresentam as características mais adequadas para a utilização em classificações de uso e cobertura da terra, uma vez que as respostas espectrais destas bandas são as de melhor aplicação na diferenciação dos elementos que compõem a classificação de uso e cobertura da terra. Ainda segundo o mesmo autor no Landsat 8 as bandas de melhor aplicação para os estudos aqui em questão são as de número 4, 5 e 6. Em ambos os satélites as bandas descritas anteriormente estão ligadas à diferenciação entre tipos de vegetação, áreas urbanas, solos degradados entalhamento de sistemas de drenagem e corpos d'água (INPE, 1996; USGS, 2016). De posse das bandas mais adequadas à classificação de uso e cobertura da terra,

procedeu-se o realce das mesmas, executando-se uma composição colorida RGB (*RED*, *GREEN*, *BLUE*). O empilhamento de bandas na composição *RGB* se deu para os anos de 1995 e 2015, respectivamente, 5-4-3 e 6-5-4.

Após a confecção do mosaico das cenas, 075 e 076 para ambos os anos, foi executada a correção geométrica das imagens, onde utilizando-se base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 1:25.000, como referência. Identificou-se a partir de acidentes geográficos marcantes, as discordâncias geométricas das imagens com a base. Através de ferramentas de georreferenciamento do *Software ArcGis*, foram coletados pontos de controle na imagem e feita suas ligações diretamente com os acidentes geográficos marcantes na base do IBGE, utilizando-se preferencialmente vértices de hidrografia, limites marcantes de massas d'água, pontos cotados, entre outros. Procedeu-se à correção de ambas as imagens (1995 e 2015) conforme necessidade, para que estes estivessem de acordo com outras bases geográficas digitais que compõe esta análise.

Posteriormente à correção geométrica foi executado um recorte da imagem para o retângulo envolvente do limite do município de Petrópolis. Esta etapa foi executada a fim de diminuir a área das imagens a serem classificadas, uma vez que a área do município só abrange partes das cenas coletadas, conforme podemos observar na figura 05.

Figura 5 - Representação da área do município na órbita 217, pontos 075 e 076 da imagem Landsat 8 de 2015.



Fonte: O autor, 2019.

Para a classificação das imagens e a identificação de áreas ocupadas, optou-se pela aplicação de uma classificação supervisionada. Segundo Florenzano (2013), durante classificação supervisionada, o intérprete das imagens deve criar amostras (áreas de treinamento) das classes espectralmente representativas, mas não necessariamente estas necessitam manter um padrão de homogeneidade. Neste método de classificação, o analista identifica pixels que se assemelham e que pertençam à um mesmo grupo, criando amostras pertencentes às classes de interesse, e fica a cargo do algoritmo escolhido para a classificação a tarefa de identificar os demais pixels pertencentes as classes, baseado na regra estatística pré-estabelecida.

Para a definição das classes buscou-se metodologias que identificassem prioritariamente a diferenciação de áreas ocupadas e não ocupadas. A definição das classes de uso e cobertura da terra foi feita em acordo com o exposto por IBGE (2013), onde este define que os termos uso e cobertura da terra estão ligados, respectivamente, às atividades administradas pela sociedade em uma determinada extensão da superfície terrestre, e a cobertura é definida pelos elementos que recobrem a superfície, sejam naturais como vegetação, água, gelo, rocha exposta ou construções artificiais criadas pela sociedade.

Adaptou-se a nomenclatura das classes o nível II do sistema multinível de classificação apresentado por IBGE (2013). Este nível de classificação “traduz a cobertura e o uso em uma escala mais regional. Neste nível nem todas as categorias podem ser interpretadas com igual confiabilidade somente a partir de dados de sensores remotos, sendo necessário o uso de dados complementares e observações de campo” (IBGE, 2013, p. 45).

Para tanto, partindo de uma análise prévia da região e das imagens disponíveis, convencionou-se que as diversas intervenções humanas (urbana, agrícola, rodovias, entre outros) seriam aglutinadas em uma mesma classe, para que possibilitasse uma análise mais abrangente da expansão da ocupação sobre o município de Petrópolis. Além disso as características naturais do município, como geomorfologia, vegetação e a presença de cobertura de nuvens ainda tornaram necessária a definição de outras classes que melhor se adequassem ao estudo.

Dessa forma, definiu-se que as classes mais adequadas para a análise em questão e para as imagens disponíveis seriam: Área Antropizada, Floresta, Rocha Exposta, Solo Exposto/Vegetação Rasteira, Sombra, Água e Nuvem, sendo esta última classe utilizada apenas na imagem de 1995.

Utilizando-se ferramentas de coleta de amostra e definição das classes, criou-se um arquivo de assinatura para as composições de cada ano a ser estudado. Para o ano de 1995 a composição em falsa cor<sup>2</sup> utilizou as bandas 5, 4 e 3 e para o ano de 2015 a composição, também em falsa cor, utilizou as bandas 7, 6 e 4 (USGS, 2018). A partir da definição das classes e, por conseguinte à produção das

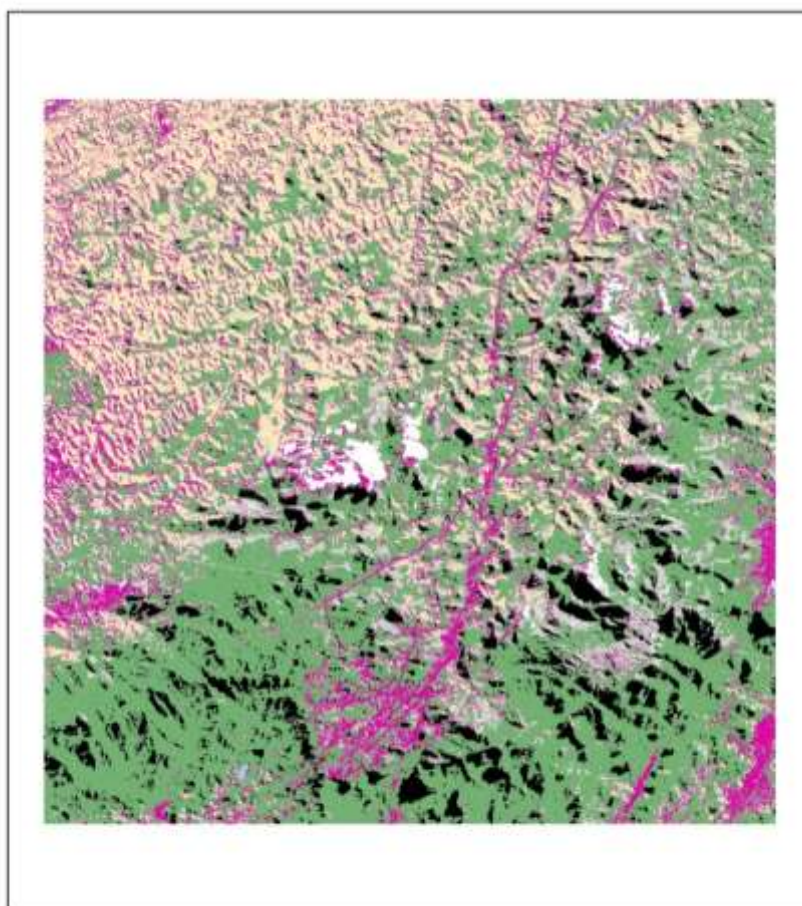
---

<sup>2</sup> Falsa cor: recurso de composição de bandas espectrais em RGB que define cores diferentes das reais possibilitando uma melhor visualização dos alvos, em condições diferentes do que seria possível enxergar com o olho humano.

assinaturas da imagem, foi possível executar uma classificação por Máxima Verossimilhança, a qual segundo INPE (1996), afere quantitativamente tanto a variância quanto a covariância dos padrões espectrais de cada pixel durante a classificação. Sendo assim, as respostas podem ser apresentadas por um vetor de médias e uma matriz de covariância. De posse destes, pode-se calcular a probabilidade de um dado pixel pertencer a à uma classe ou outra.

Obteve-se uma resposta matricial das classes que compõem cada uma das imagens, conforme exemplificado na figura 06.

Figura 6 - Classes identificadas através do método de Máxima Verossimilhança, imagem de 1995.



Fonte: O autor, 2019.

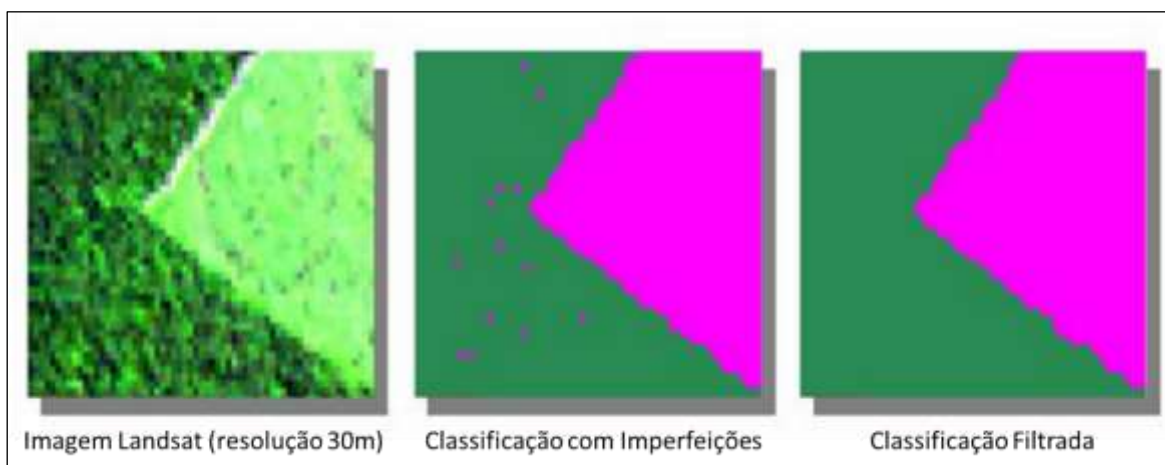
Nas etapas de pós-processamento foram executadas edições matriciais utilizando-se filtros espaciais que procedem na correção de imperfeições executadas durante o processo de classificação. Estes erros, em muitos casos, “consistem na classificação de áreas menores que a menor unidade mapeável, [...] como o



classificador automático classifica cada pixel individualmente, é de se esperar que regiões menores que a menor unidade mapeável apareçam” (SOUZA JUNIOR et al., 2006).

Ainda em matriz a classificação foi submetida à um Filtro Majoritário que tem por função realocar pixels, baseado na contiguidade das células vizinhas (TAGLIARINI; RODRIGUES; SILVEIRA, 2015). Este filtro trata especificamente da eliminação de imperfeições que não são significativas na classificação, devido a impossibilidade de representação na escala final, uma vez que não serão visíveis. Ainda para a remoção de valores não representativos da classificação, com a transformação da classificação em vetores foi possível proceder com a execução de uma edição vetorial por eliminação, que teve por objetivo generalizar a classificação eliminando polígonos menores que menor unidade mapeável (3 pixels), diluindo-os pelas classes vizinhas de maior área ou que tenham maior área de contato na borda, conforme representado na Figura 7. A exclusão destes polígonos é feita devido ao fato de que a escala final de representação de imagens de satélite, com resolução espacial de 30m, não deva superar 1:60.000 conforme aponta Boggione et al. (2009). Desta forma procede-se a exclusão de áreas menores que 3 pixels, uma vez que estas não seriam representativas na escala em questão.

Figura 7 - Aplicação de filtros para correção de áreas menores que a Menor Unidade Mapeável).



Fonte: Adaptado de Souza Junior et al. (2006).

Em seguida foi executada uma nova edição por seleção visual para a classificação de 2015, tendo como base imagem satelital de alta resolução (função *Base Map* do *ArcGis*), com o objetivo de identificar equívocos do classificador, não identificadas pelas filtragens automáticas. Utilizando-se novamente o filtro manual de

generalização procedeu-se a diluição dessas áreas selecionadas pelas áreas as quais visualmente identificou-se a qual classe pertenciam aos polígonos selecionados.

Para a edição por seleção visual para ao ano de 1995 utilizou-se os mesmos critérios, tendo como base a própria imagem *Landsat 5*, a classificação de 2015, e a imagem de alta resolução. Estes foram utilizadas para identificar erros de classificação em áreas do ano em questão, sobretudo em áreas identificadas como de Rocha Exposta, que foram classificadas erroneamente como Área Antropizada, uma vez que a resposta espectral desses alvos é muito próxima (BOLÍVAR DURÁN, 2014). No entanto estes erros não comprometem a classificação em questão, uma vez que se encontravam em áreas de altitudes elevadas, com declividades acima de 70°, sendo facilmente corrigidos pela inviabilidade de ocupação antrópica.

De posse de todos os vetores foi possível elaborar uma planimetria de todas as classes identificadas. Isolando cada classe e fazendo o somatório da área de todos os polígonos, foi possível calcular área e porcentagem em relação à área total do território do município. Além disso foram produzidos dois mapas temáticos de uso e cobertura da terra para os anos de 1995 e 2015.

### 3.1.1 Validação da Classificação a partir de Matriz de Confusão

Posterior ao processo de classificação e edições das respostas da classificação supervisionada é fundamental a avaliação da exatidão desta. Essa etapa é fundamental para definir se a representação, feita pelo processo de classificação, é condizente com a realidade (FLORENZANO, 2011).

Segundo Novo (2010) uma das técnicas mais simples de expressar a exatidão de uma classificação é através da comparação entre as classes obtidas através do processamento da imagem e de dados colhidos em campo, os quais servem de referência para a determinação da exatidão da classificação. Estas etapas de avaliação normalmente se seguem por uma análise estatística, conhecida

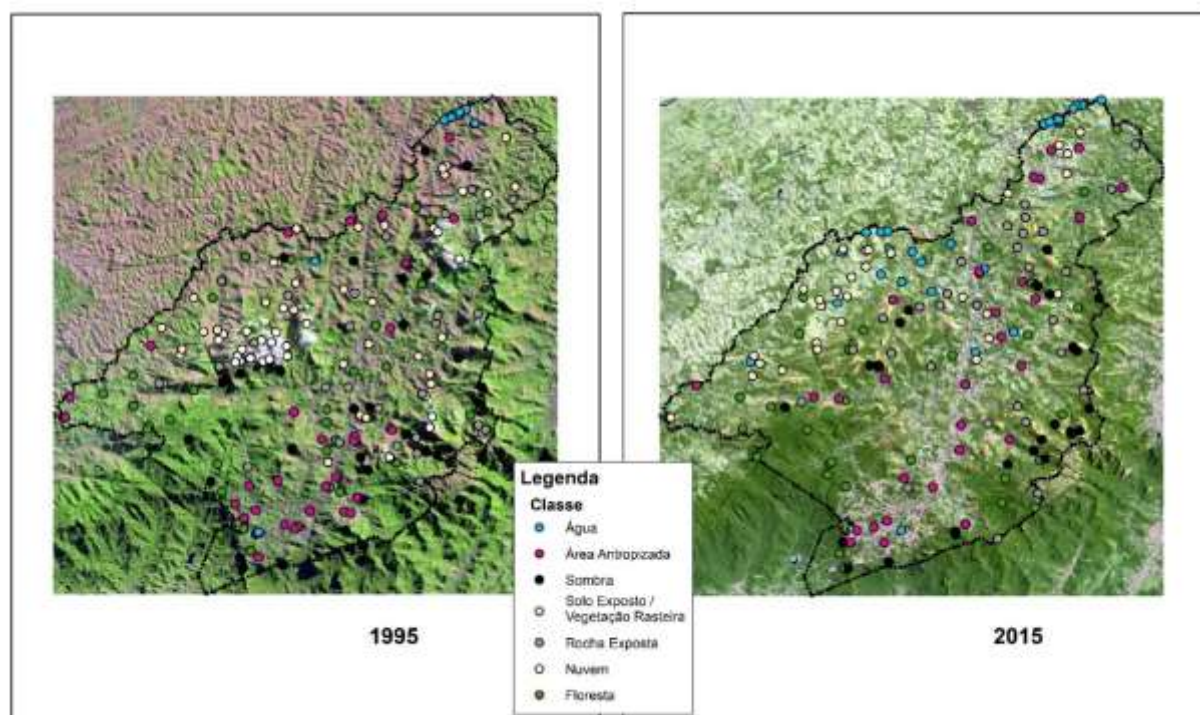
como matriz de erro ou matriz de confusão. Essa matriz demanda a identificação entre as informações classificadas e a verdade terrestre (FIDALGO, 1995).

No entanto, por razões que envolvem recursos materiais, financeiros e até mesmo de acesso a áreas, muitas vezes por conta do seu tamanho, torna-se inviável o levantamento de pontos de validação em campo, para todas as categorias definidas durante o processo de classificação. Para a validação de imagens de baixa e média resolução evidencia-se o uso de imagens de alta resolução, uma vez que a visualização dos usos e coberturas da terra são facilitados por conta da resolução espacial dessas imagens.

Devido à área territorial do município de Petrópolis ser de 793km<sup>2</sup> e o número de classes identificados ser de 7 e 6, respectivamente para os anos de 1995 e 2015, optou-se pela validação a partir de imagens de satélite e baseada no conhecimento da área do operador. Para tanto, seguindo a metodologia de validação proposta por Antunes et al. (2017), gerou-se, 30 pontos aleatórios para cada uma das classes, através da ferramenta *Generate Random Points*, da plataforma ArcMap. Estes pontos foram distribuídos de forma aleatório pela área classificada, totalizando 210 pontos para as 7 classes identificadas na imagem de 1995, e 180 pontos distribuídos pelas 6 classes identificadas em 2015, conforme apresentado na figura 08.

Após a criação dos pontos de amostra por sob a área de estudo, ainda seguindo o proposto por Antunes et al. (2017), efetuou-se uma verificação ponto a ponto, sob cada uma das imagens (1995 e 2015), a fim de verificar se ponto criado pertencia a sua própria classe ou haveria algum erro. Sendo esses resultados planilhados a fim de averiguar as ocorrências de cada ponto.

Figura 8 - Distribuição dos pontos aleatórios (1995 e 2015) para validação da classificação.



Fonte: O autor, 2019.

De posse da planilha estruturou-se uma matriz de confusão, onde foram distribuídas as ocorrências de cada um dos pontos. Identificou-se a concordância com sua classe original ou se havia sido registrado em outra, representando assim a inconsistência no processo de classificação, bem como a precisão de classificação para cada classe de uso e ocupação da terra, sendo esta definida pela “divisão do número total de amostras classificadas corretamente naquela categoria pelo número total de amostras da mesma categoria” (ANTUNES et al., 2017, p. 98).

As tabelas 3 e 4 representam a matriz de confusão e a precisão por classe para a classificação de 1995.

Tabela 3 - Matriz de confusão aplicada à Classificação de 1995.

Verdade \ Classificação	Água	Floresta	Nuvem	Rocha Exposta	Solo Exposto / Veg. Rasteira	Sombra	Área Antropizada	Total
<b>ÁGUA</b>	29						1	30
<b>Floresta</b>		23		2	4	1		30
<b>Nuvem</b>			28	1	1			30
<b>Rocha Exposta</b>				22	4		4	30
<b>Solo Exposto / Vegetação Rasteira</b>					26		4	30
<b>Sombra</b>						30		30
<b>Área Antropizada</b>			1		5		24	30
<b>Total</b>	29	23	29	25	40	31	33	210

Fonte: O autor, 2019.

Tabela 4 - Precisão por Classe – 1995

Precisão	
Água	96,7%
Floresta	76,7%
Nuvem	93,3%
Rocha Exposta	73,3%
Solo Exposto / Vegetação Rasteira	86,7%
Sombra	100,0%
Área Antropizada	80,0%

Fonte: O autor, 2019.

As tabelas 5 e 6 apresentam a matriz de confusão e a precisão por classe para a classificação de 2015.

Tabela 5 - Matriz de Confusão aplicada à Classificação de 2015.

Verdade \ Classificação	Água	Floresta	Nuvem	Rocha Exposta	Solo Exposto / Veg. Rasteira	Sombra	Área Antropizada	Total
<b>ÁGUA</b>	28						2	30
<b>Floresta</b>		29			1			30
<b>Nuvem</b>			0					0
<b>Rocha Exposta</b>		2		22	3		3	30
<b>Solo Exposto / Vegetação Rasteira</b>				1	27		2	30
<b>Sombra</b>		2				28		30
<b>Área Antropizada</b>		4		3	1		22	30
<b>Total</b>	28	37	0	26	32	28	29	180

Fonte: O autor, 2019.

Tabela 6 - Precisão por Classe - 2015

Precisão	
Água	93,3%
Floresta	96,6%
Nuvem	N/A
Rocha Exposta	73,3%
Solo Exposto / Vegetação Rasteira	90,0%
Sombra	93,3%
Área Antropizada	73,3%

Fonte: O autor, 2019.

Como forma de análise optou-se pelo uso do coeficiente Kappa, que define um escalonamento para a avaliação dos resultados obtidos a partir da matriz de confusão. O índice Kappa, muito utilizado em trabalhos de avaliação de processamento digital de imagens, uma vez que apresenta o nível de concordância dos dados em análise.

O coeficiente Kappa é uma das variáveis que podem ser quantificadas após construir a matriz de confusão, sendo um índice que retrata o grau de concordância dos dados, gerando, assim, um aspecto de confiabilidade e precisão dos dados classificados. O resultado obtido pelo coeficiente Kappa, varia no intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, melhor a qualidade dos dados classificados. (ANTUNES et al., 2017, p. 97)

Existem diversas formas de classificar o resultado de uma matriz de confusão a partir de um coeficiente Kappa. Na presente pesquisa, seguindo o proposto por Antunes *op. cit.*, optou-se pela utilização dos índices definidos por Fonseca (2000 apud ANTUNES, 2017) , conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Agrupamento qualitativo do coeficiente Kappa.

Índice Kappa	Desempenho
$<0$	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: FONSECA, 2000.

O processo de validação através da matriz de confusão baseada no coeficiente Kappa definiu as classificações da seguinte forma:

- a) Classificação 1995 – 0,8481 ou 84,8% com desempenho excelente;
- b) Classificação 2015 – 0,8448 ou 84,4% com desempenho excelente.

Dessa forma, pode avaliar-se que os resultados obtidos com a classificação foram satisfatórios na geração de um mapa temático de uso e cobertura da terra para o município de Petrópolis nos anos de 1995 e 2015.

### **3.2 Análise Espaço-temporal do Uso e Cobertura da Terra X Áreas de Suscetibilidade à Movimentos Gravitacionais de Massa**

Para a identificação das áreas de risco à movimentos gravitacionais de massa no município de Petrópolis foi promovido o cruzamento das informações

produzidas na etapa de classificação de uso e cobertura da terra, com dados obtidos no Serviço Geológico do Brasil - CPRM, oriundos do projeto de Setorização de Riscos Geológicos, desenvolvido por esta entidade, a fim de identificar, delimitar e caracterizar áreas ou setores de municípios brasileiros, através da elaboração de cartas de suscetibilidade em escala cartográfica de 1:25.000.

O conceito de suscetibilidade é entendido pela CPRM como a “propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área” (CPRM; IPT, 2014, p. 4). Dentro do escopo da presente pesquisa, a identificação das áreas de suscetibilidade é fundamental para a análise da ocupação do município de Petrópolis e sua relação com o risco. Para tanto definiu-se o uso do mapeamento de suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa da CPRM, que tem por objetivo identificar as áreas com a maior probabilidade da ocorrência de deslizamentos.

No *site* do CPRM, foi adquirida a base de dados referente ao município de Petrópolis, contendo uma série de informações como: curvas de nível, localização de edificações, dados hidrológicos, relevo, entre outros. Dentre esses dados consta arquivo vetorial de suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa, o qual está dividido em 3 classes de probabilidade de ocorrência de deslizamentos: alta, média e baixa; conforme exemplificado figura 09.

Para a elaboração deste mapeamento CPRM e IPT (2014) optaram pela execução de modelagem estatística, considerando a probabilidade de ocorrência, fundamentalmente baseada na relação entre cada fator condicionante e a distribuição de deslizamentos pretéritos, estes avaliados sempre em relação à uma área piloto definida em cada município.

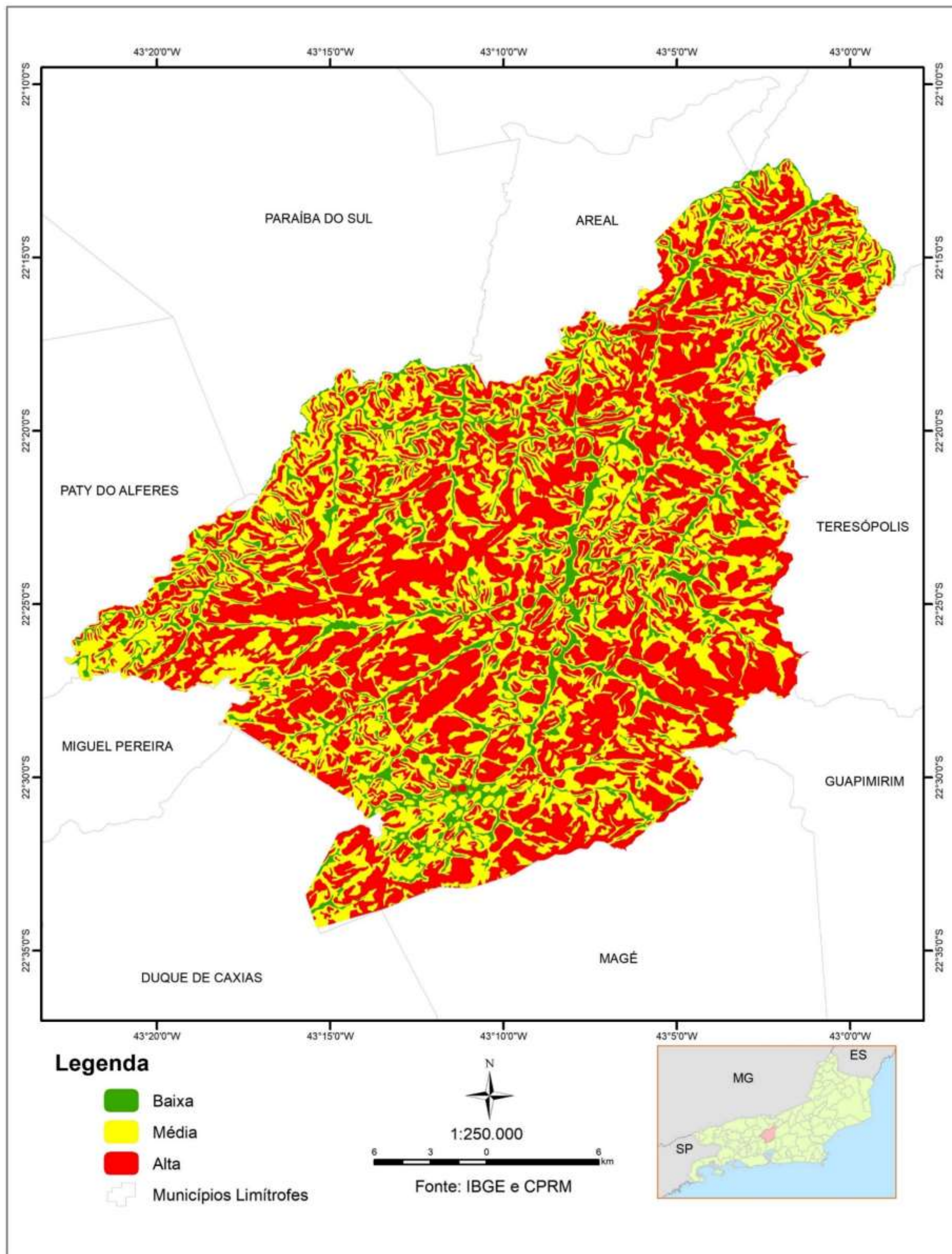
Entre a variedade de condicionantes do meio físico possíveis de obtenção, distinguem-se três fatores predisponentes de deslizamentos, frequentemente associados à distribuição das cicatrizes referenciada em literatura técnico- científica e com possibilidades de mapeamento dentro do escopo dos trabalhos: declividade, curvatura de encosta e densidade de lineamentos estruturais (correlatos a fraturas, juntas, zonas de falhas e outras descontinuidades), que refletem, respectivamente, a influência combinada de aspectos geomorfológicos, hidrológico-pedológicos e geológicos. (STABILE, 2013 apud CPRM; IPT, 2014. p 15).

De posse das classes de uso e cobertura da terra para os anos de 1995 e 2015, procedeu-se ao isolamento da classe “Área Antropizada” e executou-se a



intersecção com os vetores da classificação de suscetibilidade à movimentos de massa. Através do resultado foi possível identificar as áreas antropizadas classificadas como de alta, média ou baixa suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa para os dois anos em estudo.

Figura 9 - Mapa de Suscetibilidade à Movimento de Massa, Petrópolis – RJ.



Fonte: CPRM; IPT, 2014.

A análise aqui proposta é executada de forma multi-escalar, onde a classificação de uso e cobertura da terra, em escala com acurácia máxima de 1:60.000, conforme apresentado anteriormente, é interseccionada com a suscetibilidade proposta pelo CPRM, em escala 1:25.000. Essa diferença de escala se dá pela indisponibilidade em órgãos oficiais de dados e informações com escalas similares, que possibilitassem o exame sem as limitações impostas pela análise multi-escalar.

No entanto, a produção dos dados de suscetibilidade permite a intersecção proposta, uma vez que esta é desenvolvida com base em MDE (modelos digitais de elevação) com escala aproximada de 1:50.000 (conforme base de dados adquirida), o que faz com que esses dados passem por uma edição para atingir adequação à escala 1:25.000. Como método para a aumento da escala são aplicados filtros que tem como conceito a identificação de área segundo UHT (Unidade Homogênea de Terreno), que “consiste na delimitação de polígonos que representam unidades relativamente homogêneas quanto aos aspectos geomorfológicos, hidrológicos e geológicos” (CPRM; IPT, 2014, p. 16).

Ainda com base na intersecção feita entre as classes de uso e cobertura da terra foi possível elaborar uma análise estatística de crescimento das áreas de risco à movimentos de massa no município de Petrópolis. As análises estatísticas se deram na identificação de crescimento em área e em porcentagem, em relação ao território do município, possibilitando uma análise de mudança na ocupação de áreas de suscetibilidade à deslizamentos no município.

### 3.2.1 Correlação da dinâmica de ocupação e a ocorrência de deslizamentos

De forma a averiguar a relação existente entre a dinâmica de ocupação do município de Petrópolis e ocorrência de deslizamentos, buscou-se uma forma de identificar se a progressão da ocupação sobre o território foi seguida pela ocorrência

de eventos de deslizamentos, por interferência das ações antrópicas aplicadas ao meio.

Para tal avaliação, utilizou-se a distribuição espacial da dinâmica de ocupação elaborada pela Prefeitura Municipal de Petrópolis apresentada anteriormente no item 3.2., na figura 4. De posse dos vetores que delimitam os diferentes períodos de ocupação do território, procedeu-se o cruzamento com os dados de ocorrência de deslizamento, elaborados por Neves (2017). Os dados das ocorrências são baseados nos levantamentos elaborados pelo Instituto de Pesquisas de Tecnológicas de São Paulo (IPT), que compreende o período de 1933 à 1989 e os dados elaborados pelo Laboratório de Cartografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GEOCART) que identificou as ocorrências entre 1990 e 2015 (NEVES, 2017, p. 31).

Os dados foram organizados por Neves *op. Cit.* em planilha definindo coordenadas geográficas para cada ponto a partir dos endereços onde foram registrados, tipo, descrição, fonte da pesquisa hemerográfica<sup>3</sup> e data de ocorrência. Na presente pesquisa como se optou apenas pela identificação da relação com os deslizamentos, sendo assim elaborada a filtragem dos dados apenas para este tipo de ocorrência, conforme podemos observar na figura 10.

---

<sup>3</sup> Pesquisa Hemerográficas: trata da investigação a partir de informações em notícias de diversas mídias, jornais, revistas, reportagens, sites, entre outros



Figura 10 - Planilha de organização dos dados de ocorrência de deslizamentos.

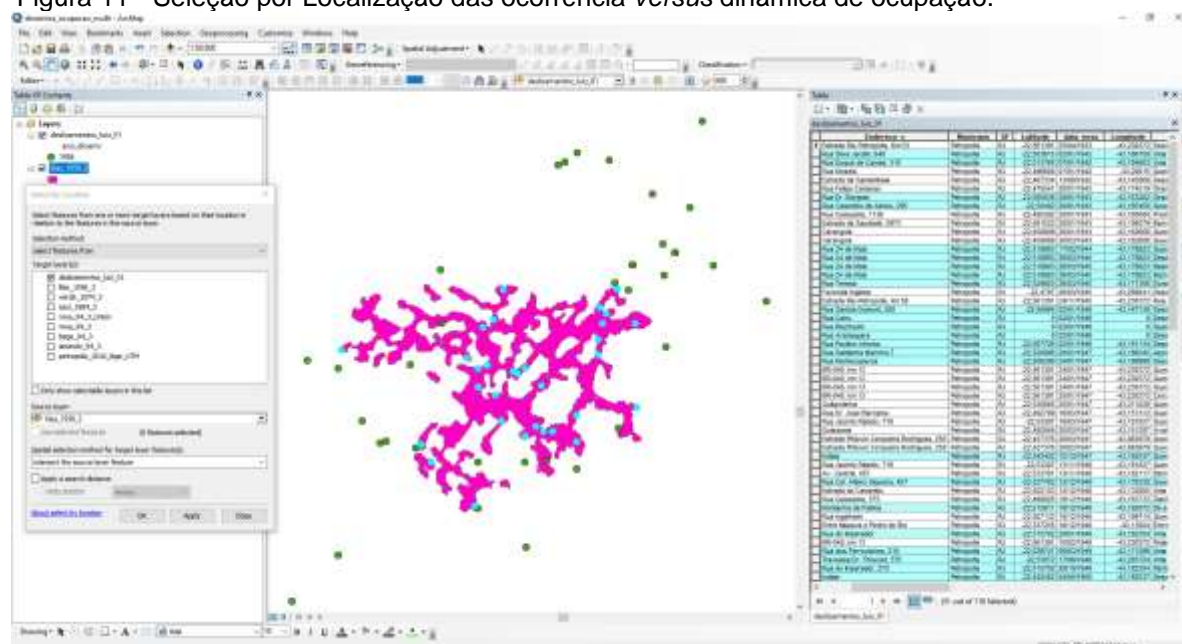
The image shows a screenshot of a spreadsheet application, likely Microsoft Excel, displaying a large table of landslide occurrence data. The table is organized into columns for various attributes of each event. The first column is 'Ano' (Year), followed by 'Município' (Municipality), 'Localidade' (Locality), 'Data' (Date), 'Descrição' (Description), 'Assessor' (Assessor), 'Folha' (Sheet), and 'Folha total' (Total sheets). The data is grouped by year, with rows for each year from 1933 to 2015. Each row contains detailed information about a specific landslide event, including the municipality, locality, date, description, assessor, and sheet information. The table is quite extensive, with many rows of data.

Fonte: Modificado de Neves, 2017.

De maneira a relacionar as ocorrências ao período de ocupação do território, criou-se uma coluna na tabela que teve por objetivo agrupar os pontos ao ano da representação da ocupação. Para tanto as ocorrências de 1933 a 1956 foram agrupadas na coluna “ano\_dinami” como 1956; de 1957 a 1974 agrupadas como 1974; de 1975 a 1984 agrupadas como 1984; de 1985 a 1994 agrupadas como 1994; de 1995 a 2015 agrupadas como >1994.

A partir deste agrupamento foi possível elaborar o cruzamento entre os vetores de dinâmica de ocupação e os pontos de ocorrência de deslizamentos, afim de identificar se as ocorrências de determinado período aconteciam ou não sobre as áreas ocupadas até determinado ano, ou mesmo se ocorriam em áreas mais antigas. Para tal identificação optou-se pela verificação por Seleção por Localização, onde as ocorrências coincidentes com período em seleção eram evidenciadas na tabela, permitindo a identificação de quantas ocorrências daquele período ocorreram em qual momento da dinâmica de ocupação, conforme podemos observar na figura 11 que apresenta um exemplo de identificação para as ocorrências de 1933 à 1956 e a sua correlação com a área de ocupação do ano de 1956.

Figura 11 - Seleção por Localização das ocorrência *versus* dinâmica de ocupação.



Fonte: O autor, 2019.

Com a identificação das ocorrências por período foi possível elaborar uma matriz de confusão, tabela 8, onde identificou-se quantas ocorrências que foram registradas sobre o período de ocupação condizente, em ocupação pretérita ou em áreas ainda não ocupadas.

Tabela 8 - Matriz de Confusão de ocorrências *versus* períodos de ocupação.

Pontos	Períodos de Ocupação					Total de Pontos
	1956	1974	1984	1994	>94	
<b>1956</b>	51	15	10	15	25	116
<b>1974</b>	190	55	67	96	49	457
<b>1984</b>	92	56	83	52	85	368
<b>1994</b>	83	35	59	4	45	259
<b>&gt;1994</b>	117	31	92	84	68	392

Fonte: O autor, 2019.

Essa matriz permite que se avalie o comportamento das ocorrências frente aos períodos de ocupação. Na tabela 8, visualizam-se nas células cinzas a quantidade de ocorrências que aconteceram na área de ocupação condizente com seu período. Nas células em cor verde identifica-se as ocorrências que foram registradas em áreas de ocupação pretéritas ao período do evento. Já nas células de cor azul verificam-se as ocorrências em áreas que ainda seriam ocupadas, o que não exclui a possibilidade de ocupação destas de forma mais rarefeita.

## **4 ANÁLISE DO PROCESSO DE DINÂMICA DE OCUPAÇÃO TERRITORIAL**

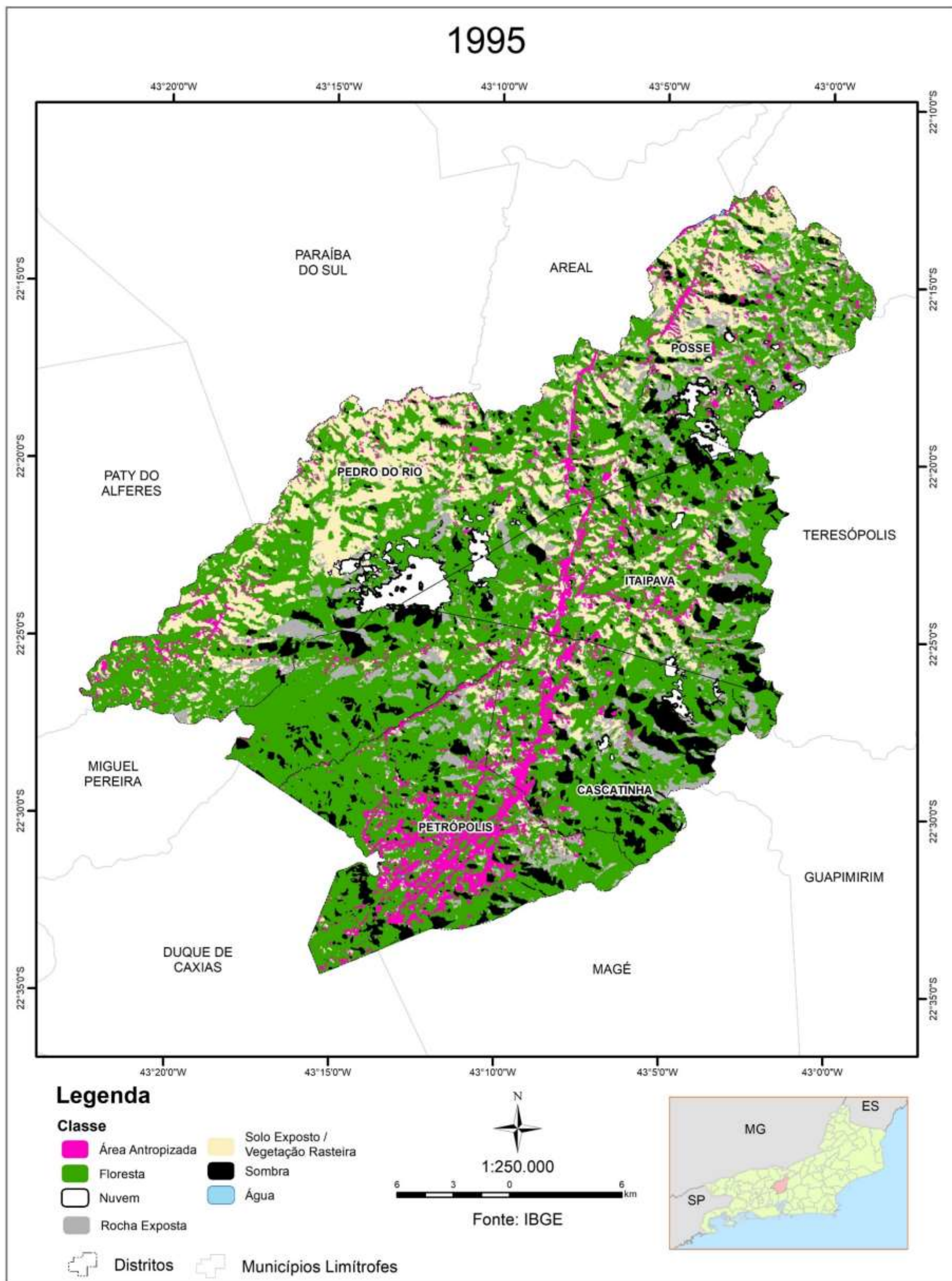
A análise dos cruzamentos de dados será apresentada a seguir, bem como a relação com as análises bibliográficas da relação sociedade e natureza, e os processos históricos de urbanização do município de Petrópolis.

### **4.1 Classificação de Uso e Cobertura da Terra 1995 e 2015**

A mudança de uso e cobertura da terra observada entre os anos de 1995 e 2015, apresentada, respectivamente nas figuras 12 e 13, revela o incremento de áreas antropizadas no município de Petrópolis, bem como a redução de áreas de vegetação, inclusive sobre as áreas de proteção ambiental da APA Petrópolis e até mesmo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.



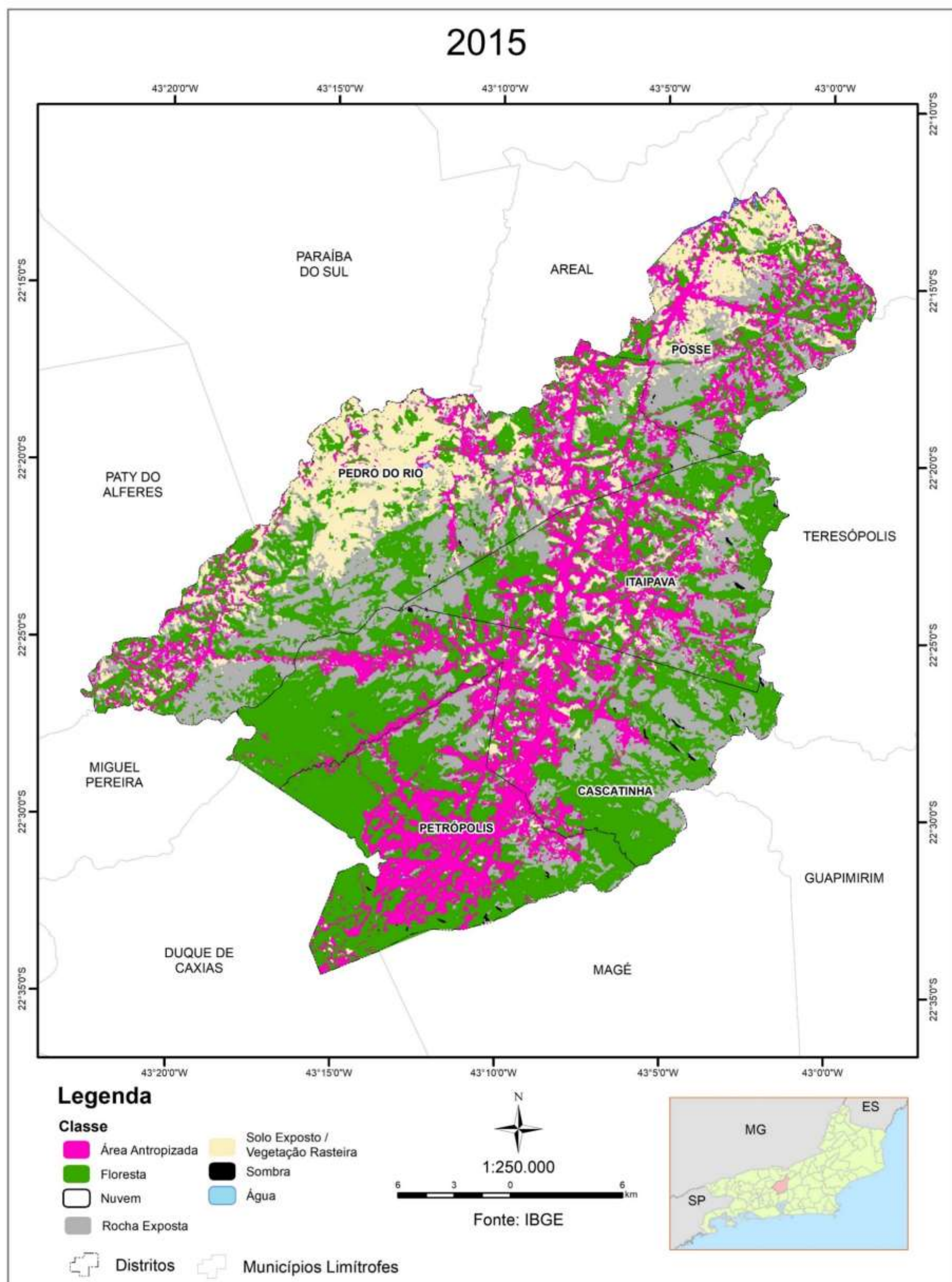
Figura 12 - Mapa de uso e cobertura da terra do município de Petrópolis, ano de 1995. Fonte: Elaboração Própria.



Fonte: O autor, 2019.



Figura 13 - Mapa de uso e cobertura da terra do município de Petrópolis, ano de 2015.



Fonte: O autor, 2019.

As tabelas 09 e 10 apresentam, respectivamente, os valores em quilômetros quadrados e porcentagens em relação à área do município, das classes, identificadas para cada ano.

Tabela 9 - Área em Km<sup>2</sup> das classes de uso e cobertura da terra no município de Petrópolis, para os anos de 1995 e 2015.

Classe	Área em Km <sup>2</sup>	
	1995	2015
Água	0,23	1,30
Floresta	427,73	310,30
Nuvem	23,98	0,00
Rocha Exposta <sup>*4</sup>	89,35	192,96
Solo Exposto / Vegetação Rasteira	121,91	109,12
Sombra	70,84	1,33
Área Antropizada	59,13	178,15
<b>Total</b>	<b>793,16</b>	<b>793,16</b>

Fonte: O autor, 2019.

Tabela 10 - Porcentagem das classes de uso e cobertura da terra no município de Petrópolis, para os anos de 1995 e 2015.

Classe	%	
	1995	2015
Água	0,03	0,16
Floresta	53,93	39,12
Nuvem	3,02	0,00
Rocha Exposta <sup>*4</sup>	11,26	24,33
Solo Exposto / Vegetação Rasteira	15,37	13,76
Sombra	8,93	0,17
Área Antropizada	7,45	22,46
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: O autor, 2019.

---

<sup>4</sup> Quanto à classificação de Rocha Exposta faz-se necessário destacar que no ano de 1995 estas foram classificadas como Sombra, uma vez que a imagem utilizada apresentava grandes áreas escuras, devido ao posicionamento das mesmas em relação ao horário de imageamento. Ao observar a quantificação das classes nos anos em análise registra-se um crescimento em números absolutos da classe Rocha Expostas, resultante, fundamentalmente, do fato de que na imagem de 1995 essas áreas não foram computadas passando a ser classificadas como Rocha Exposta em 2015.

Conforme discorrido no capítulo 3, o município de Petrópolis passou por uma série de frentes de expansão da ocupação do território, sendo estes observados mais claramente a partir dos anos 1960 e intensificados ainda mais a partir dos anos 1990. A planimetria desenvolvida para a classificação dos anos de 1995 e 2015, apresentada nas tabelas anteriores, revela uma mudança significativa no uso e cobertura da terra ao longo desses 20 anos de análise, observa-se um crescimento de área antropizada e uma redução de cobertura florestal de 14%.

O crescimento de área antropizada entre 1995 e 2015 é significativo, observando-se um crescimento de 201,34%, em números absolutos, um aumento de 119,03 Km<sup>2</sup> de área com novas intervenções humanas. Esse aumento de área é perceptível em diferentes áreas do município, principalmente sobre os fundos de vale e baixas encostas do segundo, terceiro, quarto e quinto distritos. No entanto destaca-se o “inchaço” da área ocupada no primeiro distrito e ao longo do vale do Rio Piabanha, revelando que além de novas áreas ocupadas a cidade apresenta um adensamento das áreas já ocupadas.

A apreensão da evolução dos usos e coberturas da terra permite compreender como a dinâmica de organização espacial se apresenta, subsidiando o planejamento e a tomada de decisão em relação à ocupação do território. Especificamente no tocante à gestão de risco de desastres, conhecer o território e como este organiza-se permite que diferentes ações sejam tomadas a fim de controlar ações que possam induzir ao aumento de suscetibilidades do meio físico e que consequentemente potencializam a vulnerabilidade da sociedade exposta.

Para o município de Petrópolis, devido às suas características geomorfológicas e climáticas, o aumento de áreas antropizadas e a redução de cobertura vegetal permite inferir um descuido com as questões de planejamento ambiental e territorial do município, evidenciado por ocupação que não priorizou a manutenção de áreas florestadas, largamente conhecidas por seu papel fundamental na manutenção do sistema hidrológico e por conseguinte à estabilidade das encostas, tão frágeis na região em estudo.

#### **4.2 Análise da área antropizada e sua relação com as áreas de suscetibilidade**

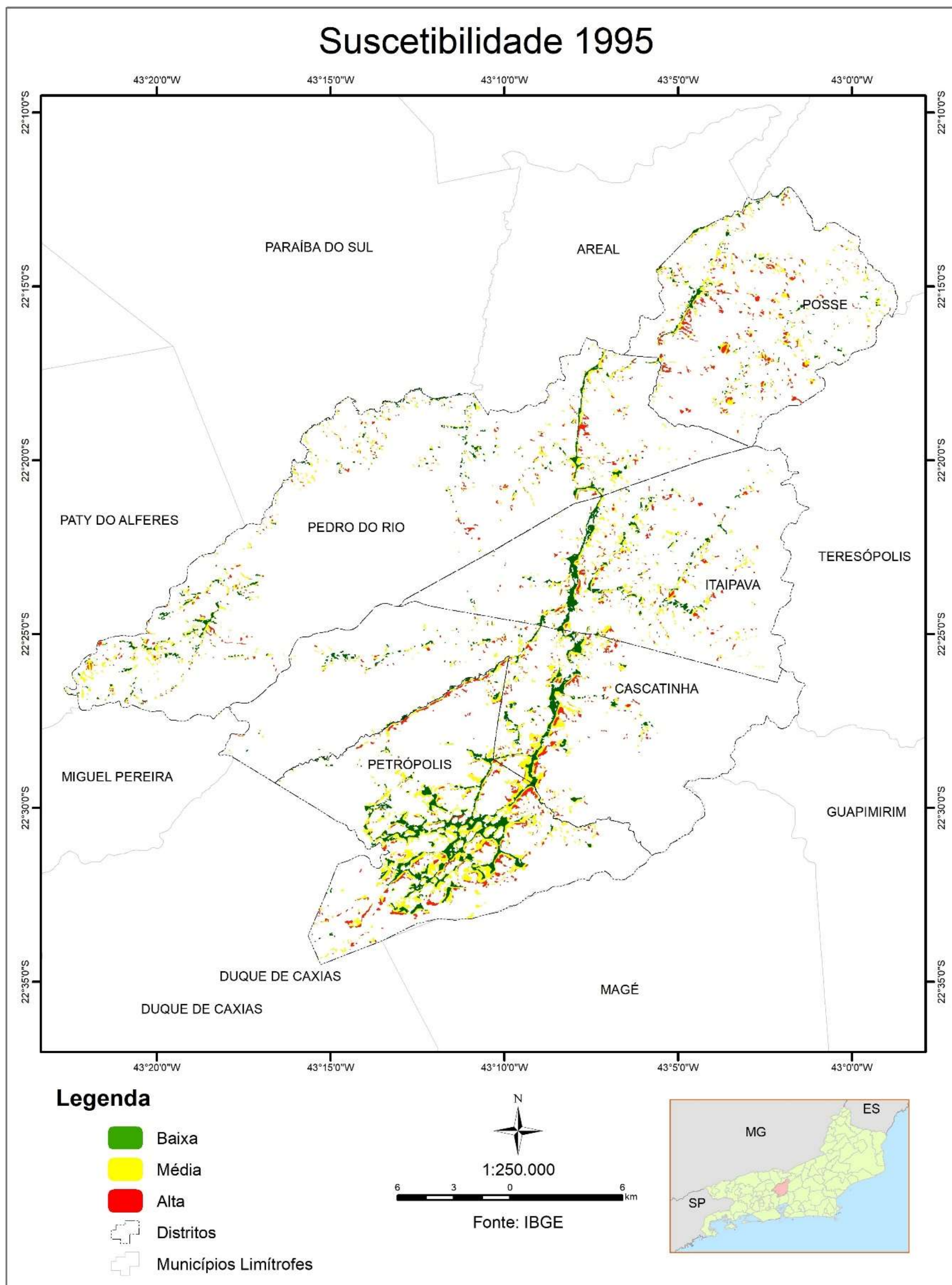
As mudanças de uso e cobertura da terra são fatores fundamentais para a compreensão da dinâmica de áreas de risco em determinado território, uma vez que permitem conhecer como a sociedade distribui-se pelo território ao longo do tempo e potencializa as suscetibilidades do meio.

Para a identificação do incremento de áreas de risco à deslizamentos no município de Petrópolis, foram executados os cruzamentos descritos no item 4.2. da metodologia, onde foi possível observar que, em 1995, já se registrava significativas áreas suscetíveis à movimentos gravitacionais de massa, ocupadas por processos antrópicos, destacando-se os distritos de Petrópolis e Cascatinha.

A figura 14 apresenta o mapa com o cruzamento da área antropizada do ano de 1995 e as áreas suscetíveis à movimentos de massa identificadas pelo CPRM.



Figura 14 - Mapa de Áreas Antropizadas Suscetíveis à Deslizamentos para o ano de 1995.



Fonte: O autor, 2019.

Observa-se no mapa anterior que a ocupação no ano de 1995 restringe-se em grande parte às áreas dos fundos de vale, bem como áreas de meia encosta identificadas como de suscetibilidade média à movimentos gravitacionais de massa. A tabela 11 apresenta a distribuição por classes de suscetibilidade da área antropizada no ano de 1995, onde destaca-se que da área ocupada neste ano, 47% encontrava-se em zonas de suscetibilidade média e 21% em áreas de alta suscetibilidade.

Tabela 11 - Suscetibilidade das áreas antropizadas no ano de 1995.

Suscetibilidade à MGM <sup>5</sup>	Área Antropizada Suscetível - 1995 (KM <sup>2</sup> )	Área Antropizada Total - 1995 (KM <sup>2</sup> )	% Área Antropizada Suscetível
Baixa	18,47	59,12	31%
Média	27,89	59,12	47%
Alta	12,36	59,12	21%

Fonte: O autor, 2019.

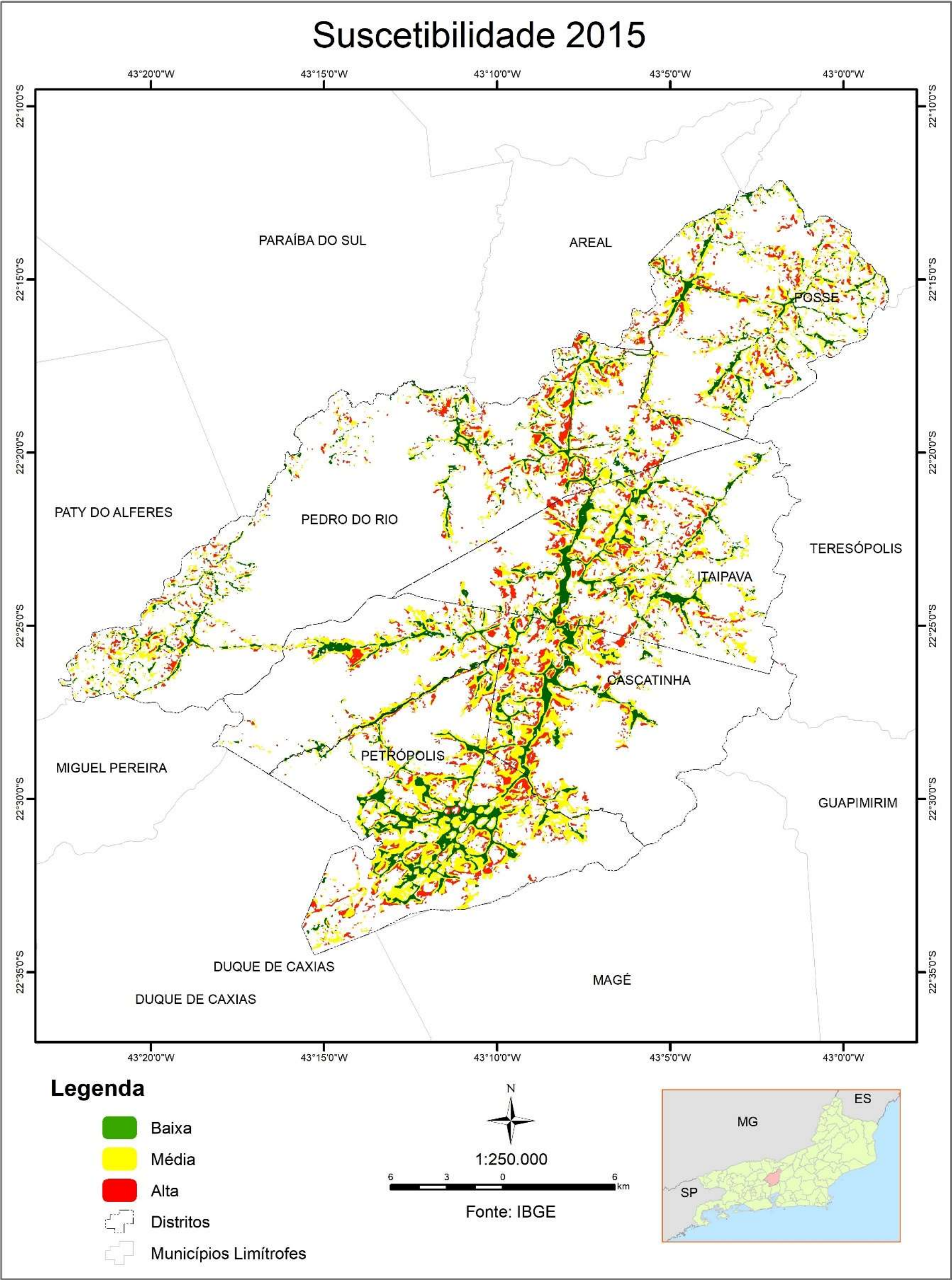
Quando os cruzamentos de área antropizada e suscetibilidade são aplicados no para o ano de 2015, observamos um adensamento dessas áreas em todos os distritos do município, destacando-se os de Petrópolis, Cascatinha e Itaipava, conforme podemos observar na figura 15.

---

<sup>5</sup> MGM - Movimentos Gravitacionais de Massa



Figura 15 - Mapa de Áreas Antropizadas Suscetíveis à Deslizamentos para o ano de 2015.



Fonte: O autor, 2019.

Podemos observar no mapa do ano de 2015 um forte adensamento das áreas já ocupadas em 1995, além da expansão por sobre novas áreas do município, tendo como principal vetor de expansão os vales que cortam o município, historicamente já apresentados como propulsores da ocupação do território.

Na tabela 12 apresentam-se a distribuição por classes de suscetibilidade da área antropizada no ano de 2015, destacando-se o crescimento de área em todas as classes, onde 52% em suscetibilidade média e 24% para baixa e alta.

Tabela 12 - Suscetibilidade das áreas antropizadas no ano de 2015

Suscetibilidade à MGM	Área Antropizada Suscetível - 2015 (KM²)	Área Antropizada Total - 2015 (KM²)	% Área Antropizada Suscetível
Baixa	42,65	178,15	24%
Média	92,15	178,15	52%
Alta	42,54	178,15	24%

Fonte: O autor, 2019.

Quando observamos o aumento da ocupação sobre as diferentes classes, identificamos um crescimento alarmante sobre áreas de média e alta suscetibilidade, como apresenta a tabela 13, revelando que as condicionantes de distribuição sobre o território, apesar de intensificarem a ocupação de áreas de baixo risco, continuam por forçar o direcionamento da ocupação para áreas de médio e alto risco.

Tabela 13 - Crescimento por classe de suscetibilidade da Área Antropizada de Petrópolis.

Suscetibilidade à MGM	Área Antropizada Suscetível - 1995 (KM²)	Área Antropizada Suscetível - 2015 (KM²)	Crescimento
Baixa	18,47	42,65	131%
Média	27,89	92,15	230%
Alta	12,36	42,54	244%

Fonte: O autor, 2019.

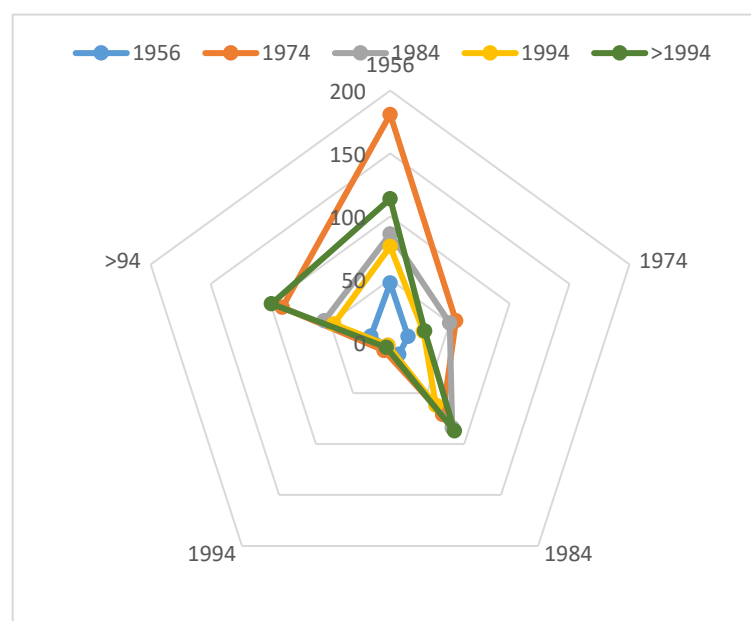


#### 4.2.1 Análise da dinâmica de ocupação e ocorrência de deslizamentos

Os procedimentos metodológicos aplicados no item 4.2.1. possibilitaram a correlação entre as ocorrências de deslizamentos e o avanço de ocupação sobre o território. Os cruzamentos efetuados apontaram uma fraca ligação entre a expansão da ocupação por sobre o território e episódios de movimentos gravitacionais de massa, possuindo pouco frequência quando relacionados às áreas de nova ocupação do mesmo período.

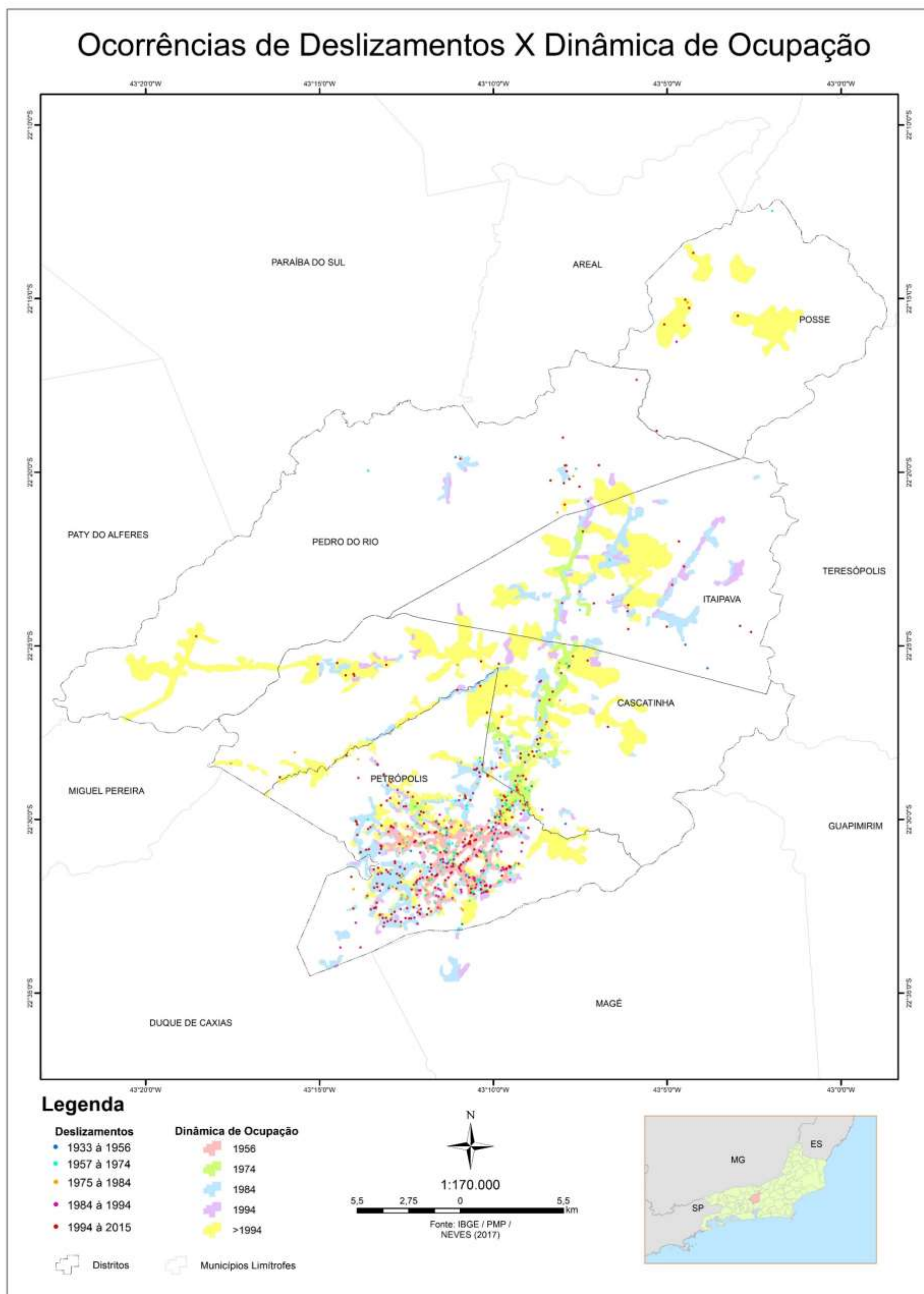
A área correspondente ao 1º distrito, também conhecida como “planta original”, caracterizado aqui como ocupação até 1956, é a que mais sofre com a ocorrência de desastres, conforme podemos observar nas figura 16 e 17. O gráfico, baseado na matriz de confusão aplicada às ocorrências e os diferentes períodos de ocupação, apresenta como se dá a distribuição de ocorrências entre todos os períodos analisados. Percebe-se que as maiores ocorrências de deslizamentos se dão na área referente à ocupação de 1956, mesmo que os eventos cresçam em outras áreas, a área do 1º distrito continua por ser a mais atingida por movimentos gravitacionais de massa, mesmo que em momentos mais modernos.

Figura 16 - Gráfico de Distribuição de Ocorrências por ano da Dinâmica de Ocupação.



Fonte: O autor, 2019.

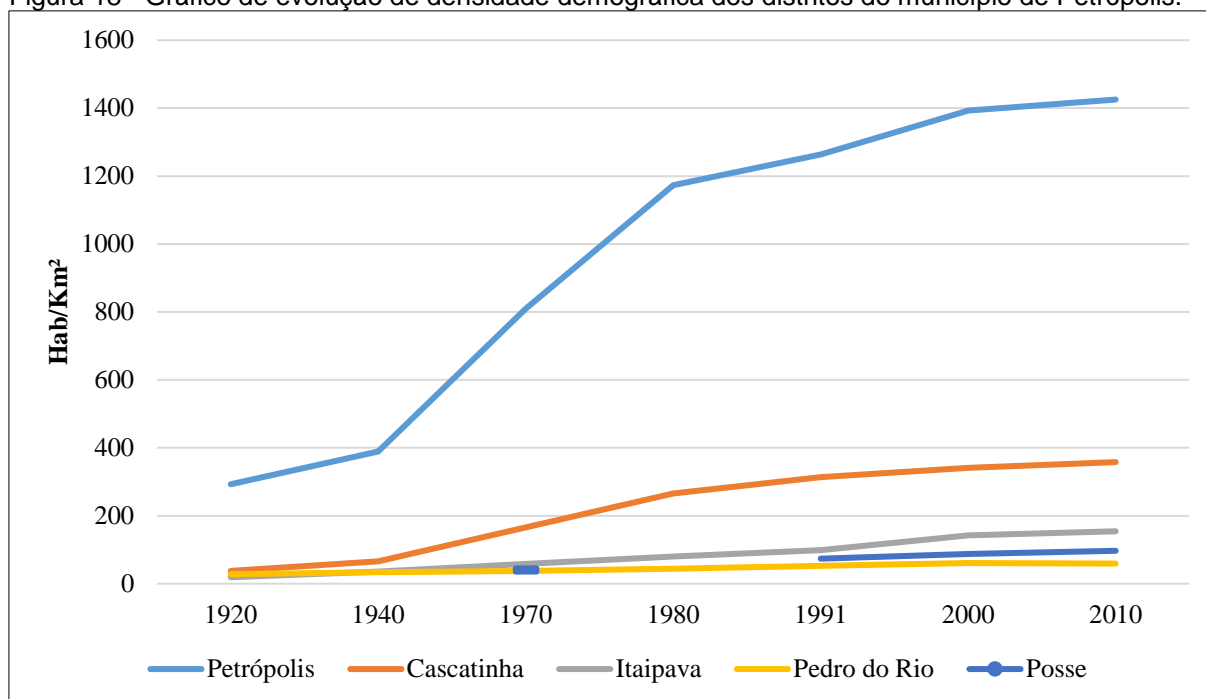
Figura 17 - Mapa de Distribuição de Ocorrências de Deslizamentos por Dinâmica de Ocupação do Município de Petrópolis.



Fonte: O autor, 2019.

Pode-se inferir que esta recorrência de eventos de deslizamentos no primeiro distrito do município está ligada à densidade demográfica dessa área, a qual se mantém em constante aumento em todos os períodos analisados, conforme podemos observar na figura 18<sup>6</sup>, que apresenta a evolução da densidade demográfica para os distritos do município de Petrópolis.

Figura 18 - Gráfico de evolução de densidade demográfica dos distritos do município de Petrópolis.



Fonte: O autor, 2019 com base em IBGE/Tribuna de Petrópolis.

A maior densidade demográfica no distrito de Petrópolis e o aumento menos significativo nos outros, revela que a ocupação tende a concentrar-se no primeiro distrito, proporcionando uma maior intensidade de degradação do meio físico nessa parcela do território, proporcionando assim, a concentração de ocorrências de deslizamentos nesta área em relação às outras.

<sup>6</sup> Na figura 18, a densidade do distrito da Posse é apresentada em 1970 (pequeno traço azul) uma vez que neste ano ocorreu o levantamento em separado do atual distrito da Posse do então distrito de São José do Vale do Rio Preto. Em 1980, o levantamento é novamente realizado com o somatório dos dois distritos, e somente com a emancipação do Distrito de São José do Vale do Rio Preto, em 1986, que Petrópolis passa a ter a atual configuração territorial com 5 distritos.

## CONCLUSÕES

A organização da sociedade há muito demanda a fixação desta nas mais diversas parcelas do espaço, bem como o uso de diversos recursos naturais. No entanto a excessiva e descontrolada utilização de recursos e espaços pela a sociedade gerou a preocupação com a possibilidade de que fenômenos naturais, de distintas ordens, viessem a atingir a vida humana, criando-se assim a preocupação com os riscos que permeiam a sociedade.

Nesse sentido, necessita-se reforçar esta ligação, indissociável, de sociedade e natureza, afim de a garantir discussões que possibilitem o planejamento para uma relação sustentável, na produção e reprodução dos seus meios de sobrevivência dessa sociedade, e identificar como os riscos provenientes dessa relação podem ser reduzidos, principalmente através de ferramentas de planejamento territorial, ambiental, urbano e na própria gestão de risco de desastres.

Nos espaços urbanos, e mais especificamente, em regiões com um relevo específico e escarpado, como o caso do município de Petrópolis, a organização do território torna-se fator fundamental para a reprodução do espaço e consequentemente para a redução de possíveis riscos que venham ameaçar à sociedade que anima este espaço.

Desta forma, conhecer como a sociedade se organiza sob esse espaço, como historicamente esses processos conformam-se e como usufrui do direito de habitar um meio ambiente propício à vida é estratégia para a organização do território visando a redução de risco de desastres.

A gestão de risco de desastres vem ganhando, ao longo dos anos, com a permeabilidade das ciências sociais, que contribuem significativamente para a compreensão das relações entre sociedade e natureza, e consequentemente, com os risco, ameaças e suscetibilidades intrínsecos dessa relação. Para tanto, as análises de risco devem não só permear uma visão física dos processos, mas também proceder análises que tenham como objetivo garantir um entendimento

social destes processos, a fim de afiançar que a sociedade seja analisada como estopim, condutor e vítima dos inúmeros desastres que assolam a sociedade.

No escopo deste estudo, Petrópolis, um município de efetivo reconhecimento pela materialização de diversos desastres, não poderia ficar afastado da preocupação com os processos de ocupação de seu território, nem mesmo da identificação de ameaças que podem atingi-lo. Para tanto, nesta pesquisa, visou-se compreender como a ocupação do espaço petropolitano viabilizou a este município o rótulo de campeão de deslizamentos no Brasil.

O crescimento da área antropizada em Petrópolis é fator de atenção para a gestão do risco de desastres no município, uma vez que a expansão de áreas ocupadas demanda análise e planejamento, fundamentados em critérios de prevenção ambiental e redução de risco de desastres.

O aumento de área antropizada frente à redução de áreas naturais é marcante no município de Petrópolis, apesar de sua histórica relação com a floresta e o clima que compõem a região. O aumento da ocupação de áreas de alta suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa aliado à redução de áreas florestadas em 20 anos, indica que as políticas de gestão de risco, do território e ambiental têm sido paulatinamente negligenciadas pelos gestores do município, uma vez que este continua recorrentemente sofrendo com desastres, historicamente conhecidos.

Por possuir características físicas mais suscetíveis à deslizamentos é notório que o primeiro distrito do município seja mais atingido por esse tipo de evento. No entanto por seu longo período de ocupação, histórico de ocorrências e densidade demográfica elevada espera-se que esta área receba o maior número de intervenções públicas e privadas para a redução de movimentos gravitacionais de massa, afim de minimizar os efeitos e as perdas advindas desses eventos. No entanto percebe-se que esta área tem sido paulatinamente vítima de uma série de ocorrências, em alguns casos que se repetem nos mesmos pontos, o que aponta que essa gestão tem sido negligenciada.

O aumento de áreas antropizadas em Petrópolis reforça a necessidade de preocupação com as questões de proteção ambiental e organização do território, uma vez que a manutenção de espaços sem a intervenção humana possibilita uma

melhor manutenção dos sistemas naturais, que aliado à um planejamento territorial que defina as reais possibilidades e potencialidades de uso daquele espaço, permitirá uma gestão que permita o desenvolvimento e a redução de eventos adversos.

Desta forma é possível apontar que aliado aos processos naturais intrínsecos da região, a organização do espaço petropolitano é fator marcante na ocorrência de desastres. Seja pelo aumento da ocupação de áreas suscetíveis à movimentos gravitacionais de massa ou pelo adensamento sobre áreas já conhecidas como de risco.

Ainda podemos ressaltar que a manutenção de uma negligência com as questões afins ao planejamento do território e ambiental corroboram, significativamente, para que mais desastres ocorram no município e reforçam o papel das análises advindas das ciências sociais na análise dos riscos. Seja nas questões sociológicas, políticas, econômicas ou mesmo históricas, a presença humana por sobre a superfície terrestre tem evidenciado cada dia mais sua relevância no entendimento de processos até então apontados unicamente como naturais.

Dessa forma não se esgotam aqui as possibilidades de análises que podem corroborar com o entendimento da relação sociedade e natureza no que concerne ao risco de desastres. As inúmeras formas de análise permitem identificar, quantificar, e avaliar os diferentes fatores que podem contribuir com a distribuição por sobre o território. São possíveis análises das mais diversas ordens:

- a) voltadas à abordagem do planejamento urbano, territorial e ambiental a partir do plano legal, que viabilizaria o entendimento de como as normativas legais influenciam a ocupação e mudança de uso e cobertura da terra;
- b) análises socioeconômicas e de vulnerabilidade das áreas de maior risco, afim de identificar se há um padrão ou não dessas áreas, afim de subsidiar as diferentes frentes de intervenção para a redução de risco de desastres;
- c) análises de percepção de risco frente aos eventos já ocorridos e a permanência de moradias em áreas de alto risco; entre outros.

As distintas contribuições que possibilitem um entendimento, análise ou mesmo avaliação da dinâmica de ocupação, corroboram significativamente para o entendimento da produção e reprodução de espaços de risco. Compreender esses espaços e intervir de maneira adequada, contribuirão significativamente para que a gestão de risco de desastres seja mais efetiva e que perdas econômicas, ambientais e sociais sejam reduzidas, e principalmente, a salvaguarda de vidas humanas.

## REFERÊNCIAS

- AMBROZIO, J. C. G. O Presente e o Passado no Processo Urbano da Cidade de Petrópolis. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- ANTUNES, F. D. S. et al. Análise da integração entre Sensoriamento Remoto e SIG na classificação da cobertura da terra em Duque de Caxias / RJ. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 5, n. 1, p. 82–102, 2017.
- ARBOS, F. Petrópolis, esboço de geografia urbana. In: *Trabalhos da Comissão do Centenário de Petrópolis*. 1. ed. Petrópolis: Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1943. p. 175–225.
- BARBOSA, E. F. F. M. Abordagem do sistema: Geografia Física x Geografia Humana. *Anais do I Simpósio de Pós-graduação do estado de São Paulo*. Anais...Rio Claro: 2008
- BEAUJEU-GARNIER, J. Fatores na distribuição da população. In: Beaujeu-Garnier, J. *Geografia de População*. São Paulo: Nacional, Companhia Editora, 1988. p. 41–83.
- BOGGIONE, G. A. et al. Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal - RN., p. 1739–1746, 2009.
- BOLÍVAR DURÁN, G. Y. Estudo da resposta espectral de alvos urbanos com espectroscopia de reflectância e imagens de alta resolução espacial. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia e Geociências Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.
- CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. D. O.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e Geografia: Conceituações, abordagens e escalas. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 28, n. 2, p. 11–30, 2005.



CASTRO, H.; ZUSMAN, P. Naturaleza y Cultura ¿dualismo o hibridación? Una exploración por los estudios sobre riesgo y paisaje desde la Geografía. *Investigaciones Geográficas*, v. 70, p. 135–153, 2009.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. *Relatórios Técnicos*, p. 94, 2012.

CORRÊA, R. L. Região e Organização Espacial. 8ª ed. São Paulo: Ática, Editora, 2007.

COSTA, A. J. S. T. DA. Os caminhos da exclusão hidrológica no Rio de Janeiro (RJ). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010.

CPRM; IPT. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais 1:25.000: nota técnica explicativa. 1. ed. Brasília e São Paulo: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014.

DANTAS, M. E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. 1. ed. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2000.

DOURADO, F.; COUTINHO ARRAES, T.; E SILVA, M. F. O Megadesastre da região serrana do Rio de Janeiro - as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuario do Instituto de Geociencias*, v. 35, n. 2, p. 43–54, 2012.

FIDALGO, E. C. C. Exatidão no Processo de Mapeamento Temático da Vegetação de uma Área de Mata Atlântica no Estado de São Paulo, a partir de Imagens TM-Landsat. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos, 1995.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia aplicada: difusão e acesso. *Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo*, v. 17, p. 24–29, 2005.

FLORENZANO, T. G. Processamento de Imagens. In: FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 228.

FONSECA, L. M. G. Processamento Digital de Imagens. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000.

GUERRA, A. J. T.; GONÇALVES, L. F. H.; LOPES, P. B. M. Evolução Histórico-Geográfica Da Ocupação Desordenada E Movimentos De Massa No Município De Petrópolis, nas Últimas Décadas. Revista Brasileira de Geomorfologia -Ano, v. 8, n. 1, p. 35–43, 2007.

HOGAN, D. J.; OJIMA, R.; MARANDOLA JUNIOR, E. População e Ambiente: desafios à sustentabilidade. 1º ed. São Paulo: Blucher, 2010.

IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>.

IBGE, Censo Demográfico. Brasília: Ministério do Planejamento, 1960.

IBGE, Censo Demográfico. Brasília: Ministério do Planejamento, 1970.

IBGE, Censo Demográfico. Brasília: Ministério do Planejamento, 1980.

IBGE, Censo Demográfico. Brasília: Ministério do Planejamento, 1991.

IBGE, Censo Demográfico. Brasília: Ministério do Planejamento, 2000.

IBGE, Censo Demográfico. Brasília: Ministério do Planejamento, 2010.

INPE. Manual de operação do SPRING. São José dos Campos: Departamento de Processamento de Imagens, 1996.

KOBIYAMA, M. et al. Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. 1. ed. Curitiba: Editora Organic Trading, 2006.

KÜNZLI, N. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, v. 356, n. 9232, p. 795–801, set. 2000.

LAVELL, A. Los Conceptos, Estudios y La Práctica en el Tema de los Riesgos y Desastres en América Latina: 1980-2004, 2005.

LEFEBVRE, H. A cidade e o urbano. In: Lefebvre, H. Espaço e Política. Belo Horizonte: UFMG, 2008. p. 79–88.

MANSILLA, E. Riesgo y ciudad, Tesis de Doctorado en Urbanismo. Tese de Dotorado, Facultad de Arquitectura, Univerisdad Nacional Autonoma de Mexico. Cidade do México, 2000.

MESQUITA, P. P. A. A Formação Industrial de Petrópolis : Trabalho , Sociedade e Cultura Operária. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

MOREIRA, R. Pensar e ser em geografia: ensaios de hisitória, epistemologia e ontologia do espaço geográfico. 1º ed. São Paulo: Contexto, 2007.

MORLEY, E. A Forma da Utopia: o Plano Koeler e a criação da Vila Imperial, Petrópolis, RJ. [s.l.] UFRJ, 2001.

MUNICH RE. Natural Catastrophes 2010: analysis, assessment, positions (US Version). *Topics Geo*, p. 66, 2011.

NEVES, L. V. Estudo Geoecológico de Deslizamentos e Inundações em Petrópolis (RJ): Reflexões sobre o Paradoxo do Primeiro Distrito. Dissertação de Mestrado,

Programa de Pós-Graduação em Geografia , Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.

NOVO, E. M. L. DE M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4º ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

OLIVEIRA, H. DE. Segmentação E Classificação De Imagens Lands at Tm. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

PETRÓPOLIS, P. M. Plano Diretor de Petrópolis: Diagnóstico. Petrópolis: [s.n.].

RABAÇO, H. J. História de Petrópolis. 1. ed. Petrópolis: Instituto Histórico de Petrópolis, 1985.

SANTOS, B. DE S. A Crítica da Razão Indolente: contra o desperdício da experiência. 4º ed. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço. 4º ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, M. A Urbanização Brasileira. 5ª ed. São Paulo: Editora USP, 2013.

SLATER, P. N. Remote Sensing, Optics and Optical Systems. Boston: Addison-Wesley Pub. Co, 1980.

SOUZA JUNIOR, C. et al. Dinâmica do desmatamento no Estado do Acre (1988-2004). [s.l.] IMAZON, 2006.

STABILE, R. A. Análise de fatores condicionantes de instabilizações em encostas como subsídio para a modelagem estatística da suscetibilidade a deslizamentos. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Anais...Rio de Janeiro: ABGE, 2013

TAGLIARINI, F. S. N.; RODRIGUES, M. T. .; SILVEIRA, G. R. P. No Uso de geotecnologias para determinação das subclasses de capacidade de uso do solo na microbacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP. In: BENINI, S. M. (Org.) Uso de Sistemas de Informação Geográfica na Análise Ambiental em Bacias Hidrográficas. 1. ed. Tupã: Editora ANAP, 2015. p. 59–79.

USGS. Landsat—Earth observation satellitesSioux FallsU.S. Geological Survey, , 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3133/fs20153081>.>

USGS. How do Landsat 8 band combinations differ from Landsat 7 or Landsat 5 satellite data?

VASCONCELOS, F. DE. Petrópolis do Embrião ao Aborto. Petrópolis: Revista Continente Editorial, 1981. v. 1

VEYRET, Y. Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.