



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.22.15.45-TDI

**CARTOGRAFIAS DA AGRICULTURA URBANA:
CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO
TERRITORIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DO
VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE**

Maíra Ramalho Matias

Dissertação de Mestrado do
Curso de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto, orientada
pelos Drs. Maria Isabel Sobral
Escada, e Antonio Miguel Vieira
Monteiro, aprovada em 16 de
agosto de 2022.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47FR3A2>>

INPE
São José dos Campos
2022

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.22.15.45-TDI

**CARTOGRAFIAS DA AGRICULTURA URBANA:
CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO
TERRITORIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DO
VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE**

Maíra Ramalho Matias

Dissertação de Mestrado do
Curso de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto, orientada
pelos Drs. Maria Isabel Sobral
Escada, e Antonio Miguel Vieira
Monteiro, aprovada em 16 de
agosto de 2022.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47FR3A2>>

INPE
São José dos Campos
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Matias, Maíra Ramalho.

M427c Cartografias da agricultura urbana: Contribuições ao planejamento territorial na região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte / Maíra Ramalho Matias. – São José dos Campos : INPE, 2022.

xx + 115 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.22.15.45-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2022.

Orientadores : Drs. Maria Isabel Sobral Escada, e Antonio Miguel Vieira Monteiro.

1. Agricultura urbana e periurbana. 2. Planejamento territorial. 3. Análise de agrupamentos. 4. Árvores de decisão. I.Título.

CDU 528.8:633



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
Secretaria de Pós-Graduação - SEPGR

DEFESA FINAL DE DISSERTAÇÃO DE MAÍRA RAMALHO MATIAS
BANCA Nº 205/2022, REG. 152809/2020

No dia 16 de agosto de 2022, as 10h, por teleconferência, o(a) aluno(a) mencionado(a) acima defendeu seu trabalho final (apresentação oral seguida de arguição) perante uma Banca Examinadora, cujos membros estão listados abaixo. O(A) aluno(a) foi **APROVADO(A)** pela Banca Examinadora, por unanimidade, em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestra em Sensoriamento Remoto. O trabalho precisa da incorporação das correções sugeridas pela Banca e revisão final pelo(s) orientador(es).

Título: “CARTOGRAFIAS DA AGRICULTURA URBANA: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL NA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE”

Observações da Banca: As eventuais sugestões da banca serão avaliadas pelos orientadores.

Membros da Banca:

Dr^a. Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo - Presidente - INPE

Dr^a Maria Isabel Sobral Escada - Orientadora INPE

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro - Orientador INPE

Dr^a. Tathiane Mayumi Anazawa - Membro Externo – Pesquisadora associada LISS

Dr^a. Heloisa Soares de Moura Costa - Membro Externo - UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Tathiane Mayumi Anazawa (E), Usuário Externo**, em 18/08/2022, às 09:42 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Miguel Vieira Monteiro, Pesquisador**, em 18/08/2022, às 12:56 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo, Pesquisador**, em 18/08/2022, às 13:36 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Isabel Sobral Escada, Tecnologista**, em 18/08/2022, às 15:55 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Heloisa Soares de moura costa (E), Usuário Externo**, em 18/08/2022, às 18:18 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.mcti.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **10325208** e o código CRC **8F5F9862**.

Referência: Processo nº 01340.005732/2022-11

SEI nº 10325208

Dedico este trabalho à minha mãe (Conceição), por sempre e incansavelmente acreditar

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado (88887.495122/2020-00).

Ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por contribuir na minha formação acadêmica-profissional.

À minha orientadora Dr.^a Maria Isabel Sobral Escada e ao meu orientador Dr^o Antônio Miguel Vieira Monteiro, por todo o acolhimento, preocupação, ensinamentos e confiança ao longo de todo esse período de vida nas janelas. A escolha de vocês nunca será esquecida, os levarei com carinho.

Às pessoas do Laboratório de Investigação em Sistemas Socioambientais (LISS), ao qual pertencço, que mesmo à distância sempre proporcionaram atenção e acolhimento. Agradecimento especial à Tathiane Anazawa, por ser uma grande incentivadora, à Gisele Milaré, pela confiança e parceria de trabalho, e à Flávia Pacheco, pela amizade e companheirismo nesses meses de mestrado.

Às políticas de cotas, de permanência e moradia estudantil durante o período da graduação, que possibilitaram minha manutenção na vida acadêmica.

Às minhas e aos meus colegas da turma de 2020, por nos segurarmos. Especialmente à Lorena, Deborah, Gabs, Flávia, Phillipe, Mario e Tânia, por serem inspiradores e por proporcionarem ótimos momentos e risadas na vida joseense.

À Cintya, Nidia, Luana, Rubia, Vinicius e Logan, pela amizade incondicional nesses tempos.

À Ana Letícia, pelo companheirismo e aconchego.

À Karol, Isadora, Pepê e Gilberto, por simplesmente serem as melhores companhias de casa e de vida.

À toda minha família, por acreditar sempre nas minhas aventuras de estudo e me dar apoio incondicional, especialmente à minha mãe (Conceição) e ao meu irmão (Igor).

Por fim, agradeço a todas as pessoas que acompanharam minha trajetória e que de alguma forma transformaram meus passos e abriram caminho para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

A agricultura urbana e os agentes envolvidos em sua produção têm pouca presença nos sistemas de informações oficiais com bases sistematizadas e em todo território nacional. Essa ausência, quase sempre, torna estas práticas invisibilizadas nas representações territoriais do espaço urbano. Este trabalho buscou desenvolver estratégias metodológicas para identificação e caracterização de áreas potenciais de ocorrência de agricultura urbana e periurbana para a escala metropolitana a partir de fontes de dados secundários abertos e disponíveis para todo o território nacional combinadas a métodos de aprendizado de máquina focados em classificação supervisionada e não supervisionada. Para este estudo a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) foi selecionada. Foram utilizados os dados da malha de setores censitários para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais; dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) para a classificação dos imóveis por tamanho; dados do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) do Censo Agropecuário com a localização dos estabelecimentos agropecuários; e o dado da Coleção 6 do Mapbiomas com as classes de uso e cobertura da terra. Os diferentes tipos de dados foram integrados em uma grade de células regulares de 2km x 2km, que definem um suporte espacial denominado espaço celular. Para a classificação não-supervisionada por meio da análise de agrupamentos (*cluster*), foi utilizado o método k-medóides. Para a classificação supervisionada, foi desenvolvida uma tipologia dos sistemas de produção associados a agricultura urbana metropolitana. Essa tipologia foi a base que orientou a coleta das amostras necessárias para treinar o classificador por árvore de decisão. O método não supervisionado permitiu identificar 2 grupos com potencial de ocorrência de agricultura urbana, sendo importante tanto para realizar uma análise exploratória e descritiva da área, quanto para confirmar e revelar novos padrões espaciais e, assim, complementar e/ou refinar a tipologia desenvolvida. O método supervisionado permitiu identificar 5 classes vinculadas aos sistemas existentes nesses espaços metropolitanos. Desde os sistemas relativos às áreas mais urbanizadas até os sistemas situados nas franjas urbanas-rurais e periurbanas-rurais, incluindo a distinção dessas classes pelo perfil de tamanho de imóveis: minifúndios e pequenos; médios e grandes. Um aspecto encontrado em ambas as classificações foi o potencial da relação entre tamanho dos imóveis e a quantidade de CNEFE Agropecuário (total de estabelecimentos agropecuários): quanto mais elevada a quantidade de estabelecimentos agropecuários nas células frequentemente maior a presença de minifúndios e pequenos imóveis, o que pode vir a ser um potencial indicador para a identificação das agriculturas de pequena escala. O experimento realizado permitiu concluir que o uso de dados secundários, que indiretamente inferem sobre características a respeito de sistemas de produção em agricultura combinado a métodos de aprendizado de máquina não supervisionados e supervisionados, pode proporcionar novas leituras e interpretações com expressão nos territórios da metrópole. São cartografias de territórios da agricultura até então pouco explorados. Estas cartografias, ao revelar essas práticas em territórios urbanos, são contra-cartografias. Estas representações contribuem, ainda que parcialmente, para ampliar a visibilidade para essas práticas e seus espaços de ocorrência na escala metropolitana. Assim, constituem-se como instrumentos de representação territorial que podem apoiar a disputa pelos territórios reais na arena do planejamento.

Palavras-chave: Agricultura Urbana e Periurbana. Planejamento Territorial. Análise de Agrupamentos. Árvores de Decisão.

CARTOGRAPHIES OF URBAN AGRICULTURE: CONTRIBUTIONS TO TERRITORIAL PLANNING IN THE METROPOLITAN REGION OF VALE DO PARAÍBA AND LITORAL NORTE

ABSTRACT

Urban agriculture and its agents have low presence in systematized bases of official information systems and in the entire national territory. This absence, almost always, makes these practices invisible in the territorial representations of urban space. This work sought to produce methodological strategies for the identification and characterization of potential areas of occurrence of urban and peri-urban agriculture at the metropolitan scale from secondary open data sources available for the national territory, combined with machine learning supervised and unsupervised classification methods. The Metropolitan Region of Vale do Paraíba and Litoral Norte (RMVPLN) was selected for this study. Data from the grid of census sectors were used to define urban, peri-urban and rural areas; data from the Rural Environmental Registry (CAR) were used to classify properties by size; the location of agricultural establishments was collected from the National Registry of Addresses for Statistical Purposes (CNEFE) of the Agricultural Census; and land use and land cover classes were defined from Mapbiomas Collection 6. The different types of data were integrated into a regular grid of 2km x 2km cells, which defined a spatial support called cellular space. The k-medoid method was used for the unsupervised classification by means of cluster analysis. A typology of production systems associated with metropolitan urban agriculture was developed for the supervised classification. This typology was the basis that guided the collection of the necessary samples to train the decision tree classifier. The unsupervised method was able to identify two groups with potential occurrence of urban agriculture, both being important to carry out an exploratory and descriptive analysis of the area, as well as to confirm and reveal new spatial patterns and, thus, complement and/or refine the developed typology. The supervised method was able to identify five classes linked to the existing systems in these metropolitan spaces. From the systems related to the most urbanized areas to the systems located in the urban-rural and peri-urban-rural fringes, including the distinction of these classes by the size profile of properties: small and smallholdings; medium and large. An aspect found in both classifications was the potential of the relationship between the size of the properties and the amount of Agricultural CNEFE: the higher the number of agricultural establishments in the cells, the greater the presence of smallholdings and small properties, which can turn out to be a potential indicator for the identification of small-scale agriculture. The experiment carried out allowed us to conclude that the use of secondary data, which indirectly infers about characteristics regarding production systems in agriculture, combined with unsupervised and supervised machine learning methods, can provide new readings and interpretations of the metropolitan territory. This type of agricultural territories mapping is, until then, little explored. These cartographies, by revealing these practices in urban territories, are counter-cartographies. These representations contribute, although partially, to increase the visibility of these practices and their spacialization on the metropolitan scale. Therefore, they constitute instruments of territorial representation that can support the dispute for real territories in the area of planning.

Keywords: Urban and Peri-urban Agriculture. Territorial Planning. Cluster Analysis.
Decision Trees.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 - Exemplo de uma árvore de decisão.	31
Figura 3.1 - Mapa da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.	32
Figura 3.2 - População urbana em 2010 - Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.	33
Figura 3.3 - Diagrama metodológico geral com as etapas da pesquisa.	36
Figura 3.4 - Proposta de delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais a partir do reagrupamento dos setores censitários (Malha 2020).	38
Figura 3.5 - Mapa do reagrupamento de setores para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais da RMVPLN.	39
Figura 3.6 - Fluxograma com as etapas para limpeza do dado do CAR e remoção de sobreposição.	41
Figura 3.7 - Exemplo de imóveis cancelados por decisão administrativa - polígono em vermelho (A) e exemplo de imóveis após remoção dos cancelados (B).	43
Figura 3.8 - Exemplo de imóvel classificado como <i>outlier</i> que não possui correspondência com os limites dos imóveis do entorno (A) e exemplo de imóveis classificados como <i>outliers</i> que possuem correspondência com o entorno (B).	44
Figura 3.9 - Diagrama dos procedimentos de remoção de sobreposição interclasse.	45
Figura 3.10 - Exemplo de edições de remoção de sobreposição interclasse.	46
Figura 3.11 - Exemplo comparativo entre o dado original do CAR (A), os imóveis removidos (B) e o resultado após os procedimentos de edição (C).	48
Figura 3.12 – Distribuição espacial dos imóveis CAR classificados por tamanho e pós procedimentos de edição de sobreposição.	49
Figura 3.13 - Distribuição espacial dos estabelecimentos agropecuários da RMVPLN - SP.	50
Figura 3.14 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura reagrupadas.	52
Figura 3.15 - Exemplo do espaço celular com diferentes resoluções (0,5 km, 1km e 2km).	54
Figura 3.16 - Gráfico de silhueta – Estimar o número ótimo de grupos.	64

Figura 4.1 - Mapa dos grupos formados a partir da classificação não supervisionada - Método K-Medoids (k =9).....	69
Figura 4.2 - Gráfico de silhueta - Avaliação dos grupos formados.....	73
Figura 4.3 - Atributos utilizados nas árvores de decisão.....	76
Figura 4.4 - Mapa da distribuição espacial das classes da tipologia dos potenciais sistemas de produção para a RMVPLN a partir da classificação supervisionada.....	79
Figura 4.5 - Mapa das áreas potenciais de ocorrência da Agricultura Urbana e Periurbana.	81
Figura 4.6 – Verificação remota de células classificadas como AUP a partir das imagens do Google Earth.....	83
Figura B. 1 – Exemplo de uma das árvores de decisão com menor ocorrência de erro na avaliação dos dados de teste.	105
Figura C. 1 - Boxplot CAR Minifúndio.	106
Figura C. 2 - Boxplot CAR Pequeno.....	107
Figura C. 3 - Boxplot CAR Médio.	108
Figura C. 4 - Boxplot CAR Grande.....	109
Figura C. 5 - Boxplot setor urbano.	109
Figura C. 6 - Boxplot setor periurbano.....	110
Figura C. 7 - Boxplot setor rural.	110
Figura C. 8 - Boxplot classe "Mosaico de Agricultura e Pastagem".....	111
Figura C. 9 - Boxplot classe "Área Urbanizada".....	111
Figura C. 10 - Boxplot classe "Agricultura".....	112
Figura C. 11 - Boxplot classe "Pastagem".....	112
Figura C. 12 - Boxplot classe "Silvicultura".	113
Figura C. 13 - Boxplot classe "Floresta".	113
Figura C. 14 - Boxplot classe "Restinga".	114
Figura C. 15 - Boxplot do total de pontos do CNEFE Agropecuário.....	114
Figura D. 1 - Análise de correlação entre o percentual de cada classe de imóveis CAR (minifúndios, pequenos, médios e grandes imóveis) e o total de pontos do CNEFE agropecuário presentes nas células de 2km x 2km.	115

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1 - Classes da situação dos setores censitários da Malha 2010 e 2020.....	22
Tabela 3.1 – Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica (Geral e Familiar).	34
Tabela 3.2 - Resumo das informações da base de dados utilizada.	35
Tabela 3.3 - Resumo do reagrupamento de setores para a RMVPLN.....	39
Tabela 3.4 - Classificação dos imóveis por tamanho, em módulos fiscais.	44
Tabela 3.5 - Reclassificação das classes de uso e cobertura.	51
Tabela 3.6 - Descrição das variáveis preenchidas no espaço celular e justificativa para identificação de sistemas produtivos.	55
Tabela 3.7 - Tipologia dos sistemas produtivos para a RMVPLN a partir da utilização de dados secundários.	57
Tabela 3.8 - Resumo da amostragem para a classificação por árvore de decisão. Número e proporção de amostras de treinamento e teste.	66
Tabela 4.1 - Descrição dos medóides dos agrupamentos.	68
Tabela 4.2 - Matriz de confusão das amostras de validação.	77
Tabela A. 1 - Redução do percentual de sobreposição na base de imóveis do Cadastro Ambiental Rural, por município, conforme as etapas de edição realizadas.	103

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AD	Árvore de Decisão
AMAU	Articulação Metropolitana de Agricultura Urbana
APP	Área de Preservação Permanente
AU	Agricultura Urbana
AUÊ!	Grupo de Estudos em Agricultura Urbana
AUP	Agricultura Urbana e Periurbana
CA	Censo Agropecuário
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CEEIVAP	Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CNEFE	Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos
CODIVAP	Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A
<i>FAO</i>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
<i>GEE</i>	<i>Google Earth Engine</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MAVALE	Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo
MF	Módulo Fiscal
PAM	Plano de Ação da Macrometrópole Paulista
<i>PAM</i>	<i>Partitioning Around Medoids</i>
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PDDI	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
RL	Reserva Legal

RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RMVPLN	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
RPPN	Reservas Particulares do Patrimônio Natural
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
TVA	Trama Verde e Azul
UC	Unidade de Conservação
UF	Unidade da Federação

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo geral.....	3
1.1.1 Objetivos específicos	3
1.2 Estrutura do trabalho	4
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 Agricultura sob a abordagem sistêmica	5
2.2 Sistemas de produção e sistemas agrários.....	6
2.3 Agricultura Urbana e Periurbana (AUP).....	8
2.4 Agricultura Urbana e Periurbana e o planejamento territorial	13
2.5 Planejamento metropolitano e a Trama Verde e Azul	14
2.6 Informações sobre as bases de dados	21
2.6.1 Malha de setores censitários	21
2.6.2 Cadastro Ambiental Rural (CAR).....	23
2.6.3 Censo Agropecuário 2017: Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE).....	26
2.6.4 Mapbiomas – Coleção 6	27
2.7 Métodos de classificação.....	28
2.7.1 Classificação por análise de agrupamentos (não supervisionada)	29
2.7.2 Classificação por árvores de decisão (supervisionada).....	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 Área de estudo.....	32
3.2 Materiais.....	35
3.3 Procedimentos metodológicos.....	35
3.3.1 Etapa 1: pré-processamento dos dados	37
3.3.1.1 Malha de setores censitários.....	37
3.3.1.2 Imóveis do Cadastro Ambiental Rural	40
3.3.1.3 CNEFE do Censo Agropecuário	50
3.3.1.4 Uso e cobertura da terra – Mapbiomas coleção 06	50

3.3.2	Etapa 2: Integração de dados no espaço celular e construção da tipologia	52
3.3.2.1	Integração de dados no espaço celular	52
3.3.2.2	Tipologia dos sistemas produtivos	56
3.3.3	Etapa 3: classificação	62
3.3.3.1	Análise de agrupamentos – K-Medoids	62
3.3.3.2	Classificação por árvore de decisão – algoritmo C5	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1	Classificação não supervisionada - análise de agrupamentos	68
4.2	Classificação supervisionada – árvore de decisão.....	76
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	APÊNDICE A – ANÁLISE DO PERCENTUAL DE SOBREPOSIÇÃO DOS IMÓVEIS DO CAR POR MUNICÍPIO.....	103
	APÊNDICE B – ÁRVORE DE DECISÃO.....	105
	APÊNDICE C – BOXPLOTS DO PERFIL DAS VARIÁVEIS DAS AMOSTRAS DE TREINAMENTO PARA CADA UMA DAS CLASSES DAS TIPOLOGIAS.	106
	APÊNDICE D – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CLASSES DE IMÓVEIS DO CAR E O TOTAL DE PONTOS DO CNEFE AGROPECUÁRIO.	115

1 INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados às práticas agrícolas urbanas cresceram nas últimas duas décadas, trazendo para o debate a importância desses espaços agrícolas intrinsecamente relacionados à economia e às dinâmicas do espaço urbano. A contribuição desses espaços vai muito além da produção dos alimentos na cidade, atrelando também questões relacionadas à segurança alimentar, à inclusão social e à reprodução cultural dos agentes sociais envolvidos nessas atividades, seja pelo resgate da memória vinculada às práticas da antiga vida no campo, seja pelo interesse e valorização por parte das pessoas da cidade sobre se aproximar e ter maior transparência dos processos que proporcionam a chegada dos alimentos à nossa mesa (SANTANDREU; LOVO, 2007; ALMEIDA, 2016).

O período de isolamento social provocado pela pandemia de COVID-19 no início do ano de 2020 evidenciou o quanto a grande dependência das cidades em relação aos circuitos longos de produção para abastecimento urbano pode ser perigosa (FERREIRA *et al*, 2020). Com isso, outro fenômeno pôde ser visibilizado com mais expressão: o quanto os circuitos mais curtos de abastecimento das cidades são representativos e como foi importante a sua contribuição nesses momentos de crise. Por que reconhecer esses circuitos somente neste momento crítico? Onde estão localizados esses espaços de produção? Como conseguir informações sobre eles?

Um dos meios para se obter informações sobre esses espaços de produção de forma sistematizada e em período mais curto de tempo seria por meio de mapeamentos de uso e cobertura da terra, realizados a partir do emprego de métodos de classificação em imagens de satélite. Ocorre que o nível de detalhamento desses mapeamentos é dependente das características técnicas dos sensores óticos que produzem estas imagens, em particular, a *resolução espacial* das imagens, que representa a menor feição passível de detecção pelo sensor a bordo dos satélites (NOVO, 2010). Quanto mais alta a resolução espacial, maior o nível de detalhes das imagens, por outro lado, quanto menor a resolução espacial, menor o nível de detalhes. Outra característica importante é a resolução espectral dos sensores, referente às bandas do espectro eletromagnético disponíveis para discriminar as respostas dos alvos da superfície terrestre após interagirem com a radiação eletromagnética (NOVO, 2010), importante para se conseguir discriminar as respostas da vegetação associadas à agricultura.

As iniciativas de mapeamento de uso e cobertura disponíveis no Brasil baseiam-se principalmente nas imagens de média resolução espacial dos satélites Landsat, com 30 metros de resolução espacial, tais como o TerraClass (ALMEIDA et al., 2014), o Mapbiomas (SOUZA JUNIOR *et al*, 2020) e o Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra (IBGE, 2020). Como a agricultura urbana tem como uma de suas características a heterogeneidade de espaços de ocorrência, caracterizando-se principalmente por ocupar áreas não muito extensas no tecido urbano mais adensado (SANTANDREU; LOVO, 2007), esses espaços de produção acabam não sendo contemplados por esses grandes mapeamentos sistemáticos, dificultando a identificação desses sistemas de produção existentes nos interstícios dos espaços urbanos e metropolitanos.

Mesmo quando há interesse e busca ativa para realizar esse mapeamento, seja por parte dos municípios, das instituições de pesquisa e/ou das organizações não-governamentais, tal mapeamento acaba se deparando com dificuldades metodológicas e operacionais, uma vez que a busca ativa implica em maiores investimentos de tempo e de pessoal para a sua finalização, aspectos que nem sempre são compatíveis com as realidades locais.

Esta situação criou uma lacuna na literatura quanto à representação espacial dessas práticas agrícolas urbanas e metropolitanas, uma lacuna que se expande para as demais agriculturas de pequena escala realizadas por agentes não hegemônicos, pequenos proprietários ou agentes que não seguem as lógicas capitalistas de produção, interpretados como meros resquícios do rural no espaço urbano-industrial das metrópoles. A falta de representações cartográficas adequadas desses sistemas implica na sua invisibilidade e na sua exclusão das agendas que geram as pautas para os instrumentos de representação associados aos processos de planejamento territorial (ALMEIDA, 2016; ALMEIDA, 2017; KUHN; RORATO; MELLO, 2019).

Ciente das limitações dos dados secundários¹ e oficiais para a identificação desses sistemas de produção associados a agricultura urbana, este trabalho procura identificar possibilidades metodológicas de superação, ainda que parcialmente, desta situação. A utilização de um conjunto de dados secundários produzidos sistematicamente e disponíveis para todo território nacional, tratados com métodos de geoprocessamento e

¹ Dados coletados, processados e analisados por outra pessoa ou instituição de pesquisa.

análise espacial integrados a sistemas de informação geográfica (SIG) e técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*), permite a criação de *regimes de visibilidade*² para esses sistemas produtivos historicamente marginalizados. A criação de estratégias de visibilidade para estes sistemas através de novas cartografias para a agricultura urbana, se constitui, ainda que parcialmente, em uma etapa rumo ao reconhecimento e fortalecimento das práticas agrícolas urbanas e das populações envolvidas com estas práticas nos territórios metropolitanos.

1.1 Objetivo geral

Identificar e caracterizar áreas potenciais de ocorrência de agricultura urbana na escala metropolitana a partir de fontes de dados secundários abertos e disponíveis para todo o território nacional combinadas a métodos de classificação supervisionados e não supervisionados.

1.1.1 Objetivos específicos

- a. Avaliar os potenciais e limitações da classificação não supervisionada por meio da análise de agrupamentos para a identificação dos sistemas produtivos da RMVPLN, com ênfase na agricultura urbana;
- b. Avaliar os potenciais e limitações da classificação supervisionada por meio de árvore de decisão para a identificação dos sistemas produtivos da RMVPLN, com ênfase na agricultura urbana.

² *Regime de Visibilidade* no contexto deste trabalho apresenta um uso adaptado e livre da ideia desenvolvida em Foucault (FOUCAULT, M. *Vigiar e punir: história da violência nas prisões*. Petrópolis: Vozes. 1983). Em Foucault um *regime de visibilidade* consiste não exatamente no que se vê, mas em como se torna visível uma realidade a partir dos elementos estabelecidos nos jogos de poder. Neste trabalho, criar *Regimes de Visibilidade*, através de novas cartografias para a agricultura urbana, é também tornar visível uma realidade ocultada nos projetos para territórios em disputa.

1.2 Estrutura do trabalho

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos que permeiam os estudos sobre a agricultura pela abordagem sistêmica, trazendo a discussão sobre o que são sistemas de produção e sistemas agrários. As características das práticas de planejamento territorial no Brasil e na RMVPLN e como elas incorporam a temática da agricultura urbana são discutidas e são apresentadas as principais características dos dados secundários utilizados bem como uma breve explicação teórica sobre métodos de classificação.

No Capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos para a construção das cartografias da agricultura urbana, a começar pela delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais a partir da malha de setores censitários; apresentação de metodologia para remoção da sobreposição geométrica dos imóveis do Cadastro Ambiental Rural e classificação dos imóveis por tamanho; e reclassificação dos dados de uso e cobertura da terra. Na sequência apresenta-se como integrar esses diferentes tipos de dados em um mesmo suporte espacial e a tipologia dos potenciais sistemas de produção para a RMVPLN. Por fim, dois métodos de classificação são utilizados: não supervisionado por meio da análise de agrupamentos e o supervisionado a partir da árvore de decisão.

No Capítulo 4 apresentam-se os resultados das classificações, seus potenciais e limitações para a construção de uma cartografia de agricultura urbana a partir de dados secundários e sugestões para pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Agricultura sob a abordagem sistêmica

Discorrer sobre sistemas de produção agropecuários e sistemas agrários requer situá-los quanto ao tipo de abordagem que os embasam. Neste caso, trata-se da abordagem sistêmica, que emerge nas diversas escolas do pensamento científico a partir da década de 50, em resposta ao modo compartimentado, fragmentado e especializado de se fazer ciência dado pela abordagem analítica. A abordagem sistêmica busca explicar e compreender fenômenos e comportamentos complexos a partir da análise das interações entre os elementos constituintes do objeto de estudo, com ênfase no relacionamento entre as partes e na resposta destas a estímulos internos e externos (MAZOYER; MIGUEL; ROUDART, 2009; PORTO, 2003).

A agricultura pode ser entendida como um objeto real observável, através do meio, equipamentos, atividades, trabalho, etc.) que possibilita a obtenção de informações diretas por meio de entrevistas com agricultores, vizinhos, passantes e especialistas; sempre complexo, variável de um local a outro, de uma época a outra, composto de múltiplas formas no presente e no passado e, relativamente, impossível de apreender e descrever em sua totalidade (MAZOYER *et al.*, 2009, p.18). Nesta perspectiva, compreende-se a importância da abordagem sistêmica no âmbito da agricultura, uma vez que a compreensão de seus processos de formação e reprodução requerem conhecimentos de aspectos intrínsecos ou internos como os condicionantes ambientais, a estrutura social, o mercado, o conhecimento técnico, e externos como a economia nacional, o sistema político, as relações de troca, a inserção internacional (MAZOYER *et al.*, 2009), que dificultam uma análise puramente isolada e fragmentada para identificação e caracterização de um sistema de produção ou de um sistema agrário.

Desta forma, a abordagem sistêmica permite a análise da evolução de uma sociedade agrária, suas formas de agricultura, suas dinâmicas agrícolas, socioeconômicas e produtivas (FRITZ FILHO; MIGUEL; BECKER FRITZ, 2018). Para tanto, é necessário conhecer o sistema, saber identificá-lo, saber o seu conteúdo e seus limites, pois a “tipificação dos sistemas nos permite conhecer de uma forma mais detalhada e precisa as relações inter e intra (restrições e potencialidades) da estrutura agrária dos estabelecimentos agropecuários de um determinado espaço rural” (PORTO, 2003, p.98).

2.2 Sistemas de produção e sistemas agrários

Para identificar e caracterizar³ alguns sistemas de produção e sistemas agrários também é importante estabelecer os conceitos sistêmicos vinculados à agricultura que muitas vezes se confundem, tais como sistema de produção e sistema agrário.

Para a compreensão do conceito de sistema de produção é necessário assimilar outros conceitos que o compõe, resumidos por Mazoyer *et al* (2009)⁴. São eles: itinerário técnico, modo de condução (manejo), sistema de cultivo e sistema de criação. O itinerário técnico consiste em formas de manejo agrícolas utilizadas no cultivo de uma espécie vegetal; o modo de condução (manejo da criação), por sua vez, consiste em técnicas de criação aplicadas a uma categoria de uma espécie animal, domesticada ou não. Sendo assim, **sistema de cultivo** é definido pelos tipos de cultivo, pela ordem de sucessão dos cultivos em nível de parcela e seus respectivos itinerários técnicos (formas de manejo); enquanto **sistema de criação** compreende as diferentes categorias de espécie animal combinadas aos diferentes modos de condução.

Considerando o exposto, o **sistema de produção** pode ser compreendido como a combinação entre sistema de cultivo e/ ou sistema de criação e as possíveis atividades de transformação de produtos animais, vegetais e florestais realizados dentro dos limites da

3 Há uma diferença conceitual entre identificação/tipificação e a caracterização de sistemas. De acordo com Porto (2003): “A identificação e a tipificação, seja ela realizada por um método uni ou multidimensional/sistêmico, desenha o(s) entorno(s) do(s) sistema(s) identificado(s) do espaço geográfico, objeto do estudo. A caracterização revela a subjetividade, isto é, quais as interações próprias de cada sistema, com os diversos fatores (tecnológicos, sociais e econômicos) componentes dessa estrutura agrária”. (PORTO, 2003, p. 119).

4 Conceitos baseados em SEBILLOTE (1990); LANDAIS; LHOSTE; MILLEVILLE (1987) e DUFUMIER (2007).

unidade de produção agrícola. De acordo com Mazoyer *et al* (2009), os sistemas de produção são influenciados pelo sistema social, que “compreende as práticas sociais, as representações, as estratégias e os objetivos manifestados, de maneira explícita ou não, pelos agricultores/produtores rurais e suas famílias” (p. 24). Esse sistema social pode ser definido pelo estatuto social da mão-de-obra (familiar, assalariada, cooperativa, escrava, etc.), pelo modo de acesso à terra (própria, arrendada, etc.), pelas especificidades do agricultor e pela dimensão da propriedade. Neste sentido, pode-se atrelar o conceito de sistema de produção a uma perspectiva de microanálise, na qual a Unidade de Produção Agrícola pode ser entendida como o objeto resultante da interação do sistema social com o sistema de produção.

Em relação ao conceito de **sistema agrário**, pode-se atrelá-lo à perspectiva de macroanálise. Mazoyer *et al* (2009) afirmam que cada sistema agrário pode ser entendido como a expressão teórica de um tipo de agricultura historicamente constituído e geograficamente localizado. O sistema agrário é concebido como uma expressão teórica porque a agricultura, sob a perspectiva da teoria dos sistemas agrários, passa de um objeto real de conhecimento para um objeto teórico do conhecimento, uma representação do que o observador pensa a respeito dessa agricultura como objeto real. Sendo assim, apesar de existirem formas variáveis de agricultura no espaço e no tempo, concebida como objeto complexo em termos de sistema, pode-se verificar que “formas locais de agricultura, praticadas em uma região, em uma época determinada, se assemelham suficientemente para serem aproximadas e classificadas em uma mesma categoria” (Mazoyer *et al.*, 2009, p.26).

Porto (2003) argumenta que a diferença conceitual entre sistema de produção e sistema agrário é dada pela racionalidade econômica desses sistemas, que possuem uma lógica de produção conectada com a lógica ou racionalidade do produtor. Em outras palavras, a racionalidade de uma unidade de produção agrícola camponesa, por exemplo, se faz diferente da racionalidade presente em uma agricultura patronal (comumente associada a agricultura de larga escala). Segundo o autor, nas unidades de produção agrícolas não-capitalistas a força de trabalho não é transformada em mercadoria e o lucro não é seu único objetivo; a sua racionalidade econômica não será a mesma de um empresário capitalista.

Considerando-se que a racionalidade dos sistemas é importante para identificá-los e diferenciá-los, pode-se supor que a comparação entre sistemas agrários, quando realizada sob a ótica da racionalidade econômica hegemônica, tende a invisibilizar sistemas com racionalidades não-capitalistas de produção. Tal como observa Baptista (1997), *apud* Porto (2003):

Quando no diagnóstico desses agricultores se ignoram os critérios específicos do funcionamento econômico da agricultura familiar e se lhes aplicam os próprios das unidades capitalistas e, além disso, se contabilizam apenas os produtos agrícolas que levam ao mercado – como hoje são os procedimentos dominantes e os níveis escutados pelos poderes – os resultados são bem conhecidos: a grande maioria das explorações surge como não competitiva, inviável, ou seja, ‘liquidem-se essas coisas’. (Baptista, 1997 apud Porto, 2003, p. 108)

Ou seja, é importante ficar atento para que a identificação e caracterização dos sistemas de produção e dos sistemas agrários sejam inclusivas e não excludentes. É sabido que os sistemas agrários são dinâmicos: novos sistemas surgem, se desenvolvem ou mesmo desaparecem (Mazoyer *et al.*, 2009), entretanto, é necessário fazer um esforço para que não se sepulsem sistemas que, por não serem enxergados dentro das racionalidades que lhes são próprias e não serem captados pelas metodologias de políticas oficiais, podem ser considerados extintos ou de pouca relevância.

2.3 Agricultura Urbana e Periurbana (AUP)

A agricultura urbana e periurbana pode ser compreendida como uma atividade produtiva e uma prática agrícola vinculada à produção, transformação e comercialização de produtos agrícolas, extrativistas e pecuários realizadas no espaço urbano e periurbano, sendo este espaço considerado não apenas como base material para realização dessas atividades e práticas (de localização pontual), mas principalmente o espaço urbano e periurbano visto como elemento definidor e caracterizador dessas práticas agrícolas intrinsecamente ligadas aos processos econômicos, ecológicos, político e socioespaciais que nele ocorrem (MOUGEOT, 2000; ALMEIDA, 2016).

O conceito de agricultura urbana e periurbana ainda se encontra em discussão e construção na esfera acadêmica e política. Apesar de haver consenso na literatura de que a prática agrícola nas cidades é recorrente e antiga, ela se apresenta como uma pauta

recente de pesquisas e políticas públicas, nacional e internacionalmente (COUTINHO; COSTA, 2011; ALMEIDA, 2016).

No geral, o que se percebe é que a conceituação de agricultura urbana e periurbana ainda tem bastante associação ao carácter da localização, mas há também outros conjuntos de construção conceituais que também se atrelam à discussão teórica de agricultura urbana e periurbana, tal como tipos de atividades econômicas, categorias de produtos e subcategorias alimentares/não-alimentares, tipos de áreas onde é praticada, tipos de sistemas de produção, destino do produto e escala de produção.

De toda forma, ao se pensar a dimensão espacial dessas práticas agrícolas, a literatura por vezes distingue a agricultura praticada no espaço urbano da agricultura praticada no espaço periurbano (incorporando o termo “agricultura urbana e periurbana”), sendo a primeira frequentemente associada aos espaços intraurbanos⁵ (referindo-se às áreas de concentração urbana e de maior densidade populacional) e a segunda aos espaços na fronteira da extensão das cidades. Porém também é recorrente a utilização do termo “agricultura urbana” para se referir tanto às práticas urbanas quanto às periurbanas, seja considerando a morfologia e o tecido urbano consolidado como distinção entre os dois espaços, mas ainda assim adotando o termo “agricultura urbana” (MOUGEOT, 2000), ou seja por meio da crítica à concepção de urbano⁶, que não se limita à morfologia e ao ambiente construído, mas que também é concebido como uma forma de reprodução social (COUTINHO; COSTA, 2011; ALMEIDA, 2016).

No tocante às discussões sobre o que viria a ser a agricultura periurbana, já em 2000 Mougeot indicava que a definição de localização periurbana é mais problemática em contraste com o que ele chama de intraurbano, considerado por ele como tecido urbano mais antigo e mais estabelecido. Segundo o autor, a literatura aponta um leque diverso de definições a respeito do que vem a ser o periurbano, mas no geral são áreas que, pela sua

5 Outra concepção de espaço intraurbano pode ser encontrada em Villaça (1998), na qual “a expressão “espaço intraurbano” designa apenas o que é essencialmente urbano, ou seja, o espaço cotidiano, estruturado pelas condições de deslocamento do ser humano, seja enquanto portador de força de trabalho, seja enquanto consumidor” (Villaça, 1998, p. 22). Nesta definição o espaço de circulação de pessoas e mercadorias não se relaciona ao espaço consolidado ou de concentração urbana, mas sim ao espaço para onde vai o trabalho e as mercadorias.

6 Almeida (2016), por exemplo, opta por não utilizar o termo “agricultura urbana e periurbana” uma vez que entende que esse termo sugere associar o “urbano” ao ambiente construído, enfatizando o aspecto da localização das práticas, que não condiz com a perspectiva teórica adotada em sua tese, que explicita uma maior problematização da relação entre agricultura e a produção do espaço urbano.

característica de possuir contato mais próximo com as áreas rurais, acabam sofrendo mudanças mais significativas do que as áreas mais centrais e edificadas da cidade.

Comumente na literatura as áreas periurbanas são atreladas ao entorno dos núcleos urbanos, à alta competição pelo uso da terra, à expansão urbana, à conversão de uso urbano do solo e de especulação de terras, outras vezes também se nota a vinculação do periurbano com áreas destinadas à proteção e gestão ambiental. Travassos e Portes (2018) mencionam que ainda são deficitárias as ferramentas políticas adequadas para definir tais áreas e suas intersecções no âmbito da administração pública brasileira. No tocante à escala metropolitana, em estudo recente sobre práticas agrícolas na Região Metropolitana de São Paulo⁷ (RMSP), Ferreira *et al.* (2020) argumentam que o periurbano presente nas metrópoles ainda se apresenta invisibilizado tanto nas políticas rurais quanto nas urbanas, sendo muitas vezes considerado como um estoque de terras para a urbanização e/ou proteção ambiental, tal como observa-se na RMSP.

Tendo em vista que é inegável a participação das agências de desenvolvimento internacionais e organizações não governamentais na difusão da temática pelo mundo, enquanto pesquisa e também como impulsionador de novas práticas (COUTINHO; COSTA, 2011), observa-se que os conceitos usualmente encontrados na literatura ainda estão bastante alicerçados nas publicações dessas agências, sendo recorrente a expressão “agricultura urbana e periurbana” em detrimento de outras, tais como “agricultura urbana”, “agricultura metropolitana”, etc. (ALMEIDA, 2016).

Apesar de haver controvérsias na conceituação da agricultura urbana e periurbana, assim como nas respectivas concepções de urbano e periurbano, Santandreu e Lovo (2007), em *Panorama da agricultura urbana e periurbana no Brasil e diretrizes políticas para sua promoção*⁸, apresenta o conceito de AUP contextualizado para as experiências brasileiras, sendo uma das primeiras investigações em escala nacional que se propõe a identificar e caracterizar a AUP em regiões metropolitanas do País, 11 no total, a partir de estudos de iniciativas promovidas por organizações governamentais (governos locais, estadual e

7 FERREIRA, M.A; LEÃO, V.O.P.S; CIZOTTO, L; PASSOS, C. Mais perto do que se imagina: os desafios da produção de alimentos na metrópole de São Paulo. Org. Instituto Escolhas. São Paulo, 2020.

8 Parceria entre Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, Rede de Intercâmbio de Tecnologias Alternativas – REDE; IPES – Promoção do Desenvolvimento Sustentável; Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO e RUAFA.

federal) e da sociedade civil (ONG, universidades, organizações de agricultores, movimentos sociais, etc.).

De acordo com os autores, a Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) é “um conceito multidimensional que inclui a produção, o agro extrativismo e a coleta, a transformação e a prestação de serviços no tocante à geração de produtos agrícolas (hortaliças, frutas, ervas medicinais, plantas ornamentais, etc.) e pecuários (animais de pequeno, médio e grande porte)” (p.11). Essas atividades podem estar vinculadas à comercialização, trocas e doações ou mesmo ao autoconsumo e podem ser praticadas nos espaços intraurbanos ou periurbanos, atrelando-se “às dinâmicas urbanas ou das regiões metropolitanas e articuladas com a gestão territorial e ambiental das cidades” (SANTANDREU; LOVO, 2007, p. 11).

Com este conceito os autores trazem para o debate o caráter multidimensional da AUP e reforçam sua vinculação às dinâmicas urbanas ou das regiões metropolitanas, bem como mencionam a possível articulação da AUP com a gestão territorial das cidades. Outro aspecto muito importante evidenciado no conceito é a inserção das atividades ligadas ao agro-extrativismo e à coleta, que não são comumente encontradas na literatura sobre AUP, mas que compreendem uma realidade brasileira, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. Os autores observam na pesquisa que a diversidade e multiplicidade de atividades configuram-se como características principais da AUP nas experiências brasileiras analisadas.

Essa característica também é mencionada na tese de Almeida (2016), na qual ela destaca os aspectos da heterogeneidade e da multifuncionalidade como elementos muito reforçados na literatura disponível. Quanto à característica da heterogeneidade, a autora refere-se à variedade de atividades econômicas, de espaços, de produtos e suas destinações, de escala de produção e tipos de sistemas produtivos; já em relação à multifuncionalidade, são mencionados os benefícios da prática de agricultura urbana no tocante à segurança alimentar, criação de oportunidades de trabalho e geração de renda para a população urbana, além de ser vista pela perspectiva da manutenção de espaços verdes urbanos, como possibilidade de uma prática que contribui para a inclusão social de grupos desfavorecidos, entre outras.

Alguns desafios para o desenvolvimento da AUP no Brasil foram apontados por Santandreu e Lovo (2007), tais como: a superação da pouca compreensão, principalmente por parte do setor público, sobre as amplas possibilidades e potencialidades da AUP; ausência de políticas voltadas ao desenvolvimento da AUP; dificuldades de acesso ao crédito; necessidade de apoio à infraestrutura, à disponibilização e ao acesso aos espaços urbanos com potencial produtivo para a AUP. Estes são desafios que perpassam pelo modelo de desenvolvimento brasileiro, pautado na apropriação dos recursos naturais por poucos, o que inclui a propriedade da terra, e pela urbanização como subsídio à industrialização da economia, que afeta diretamente o planejamento do espaço urbano, instrumento que muitas vezes desconsidera as potencialidades das atividades da AUP.

Neste sentido, Santandreu e Lovo (2007) compreendem que fazer a identificação, diferenciação e caracterização dos espaços de produção urbanos, periurbanos e rurais no plano diretor do município com seus respectivos agricultores e agricultoras é o desafio que, se enfrentado, pode viabilizar uma tipologia nacional de AUP, contribuir para diminuir a invisibilidade desses agricultores urbanos e periurbanos e melhorar as suas condições de acesso ao crédito e acesso às infraestruturas adequadas de produção.

A criação de estratégias de visibilidade desses sistemas de produção tende a ser uma das primeiras etapas rumo ao reconhecimento e fortalecimento das práticas agrícolas urbanas e das populações envolvidas com essas atividades. Essa visibilidade é importante porque as necessidades de sistemas agrários urbanos distinguem-se das necessidades de outros sistemas de produção no campo da agricultura.

No caso da agricultura urbana, raramente as estruturas voltam-se para plantações de *commodities* e produções voltadas à exportação. O que se tem é outra forma de analisar o espaço, na qual são privilegiadas, por exemplo, articulações comerciais locais junto a restaurantes e/ou demais espaços de comercialização, ou mesmo cultivos que podem extrapolar a lógica do mercado, articulações entre diferentes atores por meio da ocupação de espaços ociosos, entre outras (WANDSCHEER; MEDEIROS, 2017).

Ou seja, pensar a agricultura urbana sob a perspectiva da inserção desses territórios e seus agentes na economia regional requer, por exemplo, pleitear por estruturas em redes locais e regionais que não enxerguem apenas territórios dos agentes hegemônicos; requer conseguir visibilizá-la e reconhecê-la como uma prática significativa no processo de

produção do espaço urbano, sem que estes territórios sejam enxergados apenas sob a perspectiva de estoque de terras para a urbanização e/ou para a especulação imobiliária.

Diante desses apontamentos, observa-se que a inserção da temática da agricultura urbana nas práticas de planejamento territorial apresenta-se como uma das formas de reconhecimento da importância desses sistemas de produção na economia regional.

A incorporação desta temática nos instrumentos de planejamento territorial pode ser ajudada pela criação de novas formas de representação desta atividade, novas cartografias para esta agricultura, se possível, de forma sistematizada e com cobertura para todo o território nacional. Entretanto, até o momento, o único estudo sistematizado sobre a AUP para regiões metropolitanas do Brasil foi o de Santandreu e Lovo em 2007, desenvolvido por iniciativa do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e de outras organizações de apoio à agroecologia e ao desenvolvimento social. Porém esse estudo não contemplou a dimensão espacial dessas iniciativas, o que é particularmente relevante quando se pretende dar suporte à inclusão da AUP no planejamento urbano e regional (KUHN; RORATO; MELLO, 2019).

2.4 Agricultura Urbana e Periurbana e o planejamento territorial

No geral, o planejamento pode ser compreendido como uma prática, um instrumento e/ou um processo de organização que objetiva prever e resolver problemas por meio do ordenamento de ações. Quando se fala em planejamento territorial, pensa-se nesse conjunto de práticas, instrumentos, processos de organização e tomadas de decisão vinculado ao território, tradicionalmente compreendido como um conceito que atrela espaço e relações de poder (ARRUDA, 2013). Desta forma, parte-se do pressuposto de que o planejamento territorial⁹ não é puramente técnico e nem neutro, mas também um instrumento político que objetiva a ordenação do território.

⁹ Quanto ao termo “planejamento territorial”, Zanon (2019) argumenta que ainda é pouco usual na literatura sobre planejamento e que, de modo geral, a trajetória do pensamento urbanístico no Brasil tem-se constituído historicamente por uma atuação do planejamento urbano como a prática e estudos sobre a cidade. A autora argumenta que para o entendimento do Planejamento Territorial o debate deve explorar o aporte teórico conceitual de território, ainda pouco incorporado pelo planejamento.

Esse modelo de urbanismo presente no Brasil durante o século XX e que pode ser vislumbrado até hoje, marcado pelos investimentos públicos direcionados e concentrados em áreas ocupadas pela população de alta renda, traduziu-se no padrão de segregação socioespacial, na urbanização desigual e na modernização excludente (MARICATO, 2000; FERREIRA, 2010).

Nesse processo de concepção do espaço urbano mais como valor de troca do que valor de uso¹⁰ pode-se observar o carácter seletivo e excludente de algumas práticas de planejamento. Tal carácter seletivo e excludente também se manifesta nas representações sobre o espaço, em que as cartografias provenientes dessas concepções de planejamento produzem a invisibilidade de agentes e processos não hegemônicos, que ficam à margem dos planos, ações e políticas públicas pelo simples fato de não serem vistos e reconhecidos como relevantes por essa lógica de se planejar.

E é nesse cenário de invisibilidade que se pode encontrar a temática da agricultura nas práticas de planejamento, especialmente no tocante à agricultura urbana e periurbana. Conforme Costa e Almeida (2012), a incorporação da atividade agrícola nas cidades por meio dos instrumentos de planejamento, tais como o plano diretor e legislação urbanística, ainda é novidade e tais instrumentos encontram-se pouco explorados para este objetivo.

2.5 Planejamento metropolitano e a Trama Verde e Azul

O recorte territorial do presente trabalho compreende a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. A temática da agricultura urbana e periurbana neste trabalho se desenvolve na perspectiva do planejamento territorial em escala metropolitana. Tal planejamento requer uma articulação que ultrapassa as decisões isoladas de cada

¹⁰ Os conceitos de Karl Marx apresentados em “O Capital” discutem o valor de uso representando a utilidade das coisas, tais valores de uso se realizam pelo uso ou pelo consumo, constituindo-se como conteúdo material da riqueza. Já o valor de troca compreende “a proporção em que valores-de-uso de espécie diferente se trocam entre si”. Tais conceitos vinculados ao espaço podem ser encontrados em Carlos (2011): “No capitalismo, a produção expande-se espacial e socialmente (no sentido que penetra toda a sociedade), incorporando todas as atividades do homem e redefinindo-se sob a lógica do processo de valorização do capital – o espaço tornado mercadoria sob a lógica do capital fez com que o uso (acesso necessário à realização da vida) fosse redefinido pelo valor de troca”. Ver mais em: CARLOS, Ana Fani A. Da organização à produção do espaço no movimento do pensamento geográfico. In: A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios. 2011.

município, incorporando dois conceitos importantes na sua concepção: o conceito de metrópole e o respectivo entendimento do processo de metropolização e o conceito de função pública de interesse comum.

Como um processo socioespacial, o fenômeno da metropolização envolve desde um intenso processo de industrialização, com rápida expressão no crescimento demográfico e aumento da riqueza econômica, acarretando a implementação de infraestruturas e equipamentos urbanos, até o acelerado crescimento das cidades, com espraiamento e conexão entre núcleos urbanos vizinhos, com graus distintos de interdependência (MENCIO; ZIONI, 2017). Como um processo político-administrativo, tem-se a delimitação jurídica de determinadas regiões que se enquadram no conceito legal¹¹ de metrópole e de região metropolitana.

É possível perceber a importância socioeconômica e populacional que permeia a conceituação e a elaboração das regiões metropolitanas (RM) no âmbito legal, bem como o interesse no planejamento e execução de funções públicas de interesse em comum, ou seja, “política pública ou ação nela inserida cuja realização por parte de um Município, isoladamente, seja inviável ou cause impacto em Municípios limítrofes” (BRASIL, 2015, Estatuto da Metrópole - Art. 2º, II).

Tendo em vista os elementos que estão relacionados às regiões metropolitanas, fica mais evidente a importância de se estudar a temática agrícola sob a perspectiva regional, por tratar-se de territórios interligados e interdependentes. Tal como destacado por Ferreira *et al.* (2020), as metrópoles se caracterizam como destino de grande parte dos alimentos produzidos, e elas também são responsáveis pela consolidação de sistemas de produção, comercialização e abastecimento complexos, que tradicionalmente tem por característica a distância entre local de produção de alimentos e os consumidores metropolitanos.

¹¹ De acordo com o Artigo 2º da Lei nº 13.089/2015, que institui o Estatuto da Metrópole:

V – metrópole: espaço urbano com continuidade territorial que, em razão de sua população e relevância política e socioeconômica, tem influência nacional ou sobre uma região que configure, no mínimo, a área de influência de uma capital regional, conforme os critérios adotados pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; [...]

VII – região metropolitana: unidade regional instituída pelos Estados, mediante lei complementar, constituída por agrupamento de Municípios limítrofes para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

Sabe-se que o Estatuto da Metrópole estabelece que as regiões metropolitanas e as aglomerações urbanas devem contar com um plano de desenvolvimento urbano integrado¹², aprovado mediante lei estadual. Tal plano metropolitano ainda se encontra em construção na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, que foi criada legalmente em 2012¹³. Entretanto, ainda que a criação da RMVPLN remeta ao ano de 2012, as tentativas de planejamento entre os municípios que a compõe são mais antigas, resultando em iniciativas distintas de planejamento regional¹⁴ desde a década de 1930.

Dentre as experiências de planejamento regional apontadas na literatura, verifica-se menção mais explícita às práticas agrícolas em dois projetos: do Governo de Adhemar de Barros (1930), realizado pelo Serviço de Melhoramento do Vale do Paraíba, com o objetivo de reerguimento econômico da região por meio do aproveitamento agrícola das várzeas do Rio Paraíba do Sul¹⁵ diante do declínio da atividade cafeeira; e do Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo (MAVALE, 1991), parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba (CODIVAP), que visava auxiliar na elaboração de diretrizes de ordenamento do uso do solo regional e também contribuir com uma metodologia de planejamento regional mediante uso de dados de Sensoriamento Remoto Orbital (KURKDJIAN *et al.*, 1991). O mapeamento das áreas de aptidão agrícola fez parte dessa proposta de planejamento regional do MAVALE.

O instrumento urbanístico mais recente que contempla a RMVPLN é o Plano de Ação da Macrometrópole Paulista¹⁶ (PAM), elaborado pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA). Sua escala macrometropolitana dá ênfase à atratividade e competitividade econômica dos territórios, ficando evidente a estratégia de

¹² Art. 10º do Estatuto da Metrópole, Lei nº 13.089/2015.

¹³ Lei Complementar 1.166, de 09 de janeiro de 2012: Cria a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, e dá providências correlatas.

¹⁴ Breve histórico das iniciativas com base em Gomes e Andrade (2020): Governo Adhemar de Barros (1930); Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba (CODIVAP, 1971); Plano Macro-Eixo Rio-São Paulo (SÃO PAULO, 1978); Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEEIVAP, 1979); Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo – MAVALE (INPE/CODIVAP, 1991); dentre outras.

¹⁵ Ver mais em Baptista (1940).

¹⁶ Composta por cinco Regiões Metropolitanas (São Paulo, Campinas, Baixada Santista, Vale do Paraíba e Litoral Norte e Sorocaba), duas Aglomerações Urbanas (Jundiaí e Piracicaba) e a Unidade Regional Bragantina, totalizando 172 municípios (EMPLASA, 2014).

desenvolvimento por meio do investimento em modais de transporte e logística, além da concentração de grandes empresas, centros de negócios e instituições financeiras, dentre outras ações e projetos que revelam um planejamento voltado para o funcionamento de uma economia corporativa e excludente (GOMES; RESCHILIAN; UEHARA, 2018). Como há de se prever, a agricultura também não é visibilizada no PAM, muito menos a agricultura urbana e periurbana.

A experiência brasileira mais recente de planejamento metropolitano que incorpora a temática da produção agrícola no espaço metropolitano é a do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH, 2011) e seu respectivo Macrozoneamento Metropolitano (2013 a 2015), que se destaca dentre as iniciativas de planejamento do País devido a seu caráter colaborativo e compartilhado, que contou com a participação de uma equipe multidisciplinar envolvendo instituições acadêmicas¹⁷, consultores externos e a sociedade civil. De acordo com Oliveira e Costa (2018), o PDDI-RMBH visava identificar áreas em que o interesse metropolitano fosse predominante em relação ao municipal, bem como definir parâmetros de uso e cobertura da terra para a RMBH.

E foi nesse contexto de recuperação do planejamento metropolitano na RMBH que surgiu a ideia da incorporação da Trama Verde e Azul (TVA) nas práticas de planejamento que estavam em curso na RMBH. Basicamente a Trama Verde e Azul se constituiu como uma proposta de planejamento territorial para a antiga região minerária de *Nord-Pas-de-Calais*, localizada no norte da França, com o objetivo de reestruturação econômica e reconversão territorial após o fechamento das minas em meados da década de 1960. A TVA francesa teve por característica principal o seu cunho ambiental e conservacionista¹⁸, assumindo duas estratégias principais: a de patrimonialização das

¹⁷ A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi contratada pelo Governo do Estado para coordenar os projetos, que também contou com a atuação da PUC Minas e Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG). Para mais informações em: Plano Metropolitano PDDI-RMBH. Disponível em: http://www.rmbh.org.br/pddi/indexaccd.html?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=1&lang=pt-br. Acesso: mar/2021.

¹⁸ Trama Verde e Azul baseou-se bastante nos conceitos difundidos pelo campo da Ecologia da Paisagem, apoiando-se nas ideias de fragmentação e conectividade e no modelo mancha-corredor-matriz. Ver mais em Oliveira e Costa (2018) e em Metzger (2001).

estruturas e das paisagens minerárias e a recuperação e a proteção ambiental (OLIVEIRA; COSTA, 2018).

No Brasil, a concepção da TVA para a RMBH teve início com o projeto de Macrozoneamento, traduzindo a proposta da TVA francesa para a realidade mineira, sendo compreendida como um elemento articulador do território metropolitano. O objetivo da proposição da trama era o de tentar trazer para a discussão da reestruturação metropolitana elementos alternativos que ultrapassassem os modelos tradicionais de planejamento, centrados no sistema viário, nas zonas industriais e nos centros de comércio e serviço (OLIVEIRA; COSTA, 2018).

Diante da incorporação da TVA¹⁹ como elemento articulador do território e auxiliar ao planejamento metropolitano, de acordo com Almeida (2016), houve espaço para inserir a discussão de como a produção agrícola e os espaços rurais são comumente afetados pelas atividades econômicas hegemônicas. A autora argumenta que usualmente a visão que se tem sobre a agricultura no contexto institucional metropolitano é de que ela é considerada uma atividade irrelevante, quando comparada a outras questões sociais e ambientais urbanas; inviável, em comparação com outros usos da terra de maior retorno econômico; e incompatível, dado os impactos ambientais que podem causar e estar sujeita (ALMEIDA, 2017).

Almeida (2016) considerou o debate sobre os espaços de interesse metropolitano e a iniciativa de territorialização do PDDI como uma “oportunidade de confrontar essas concepções de irrelevância, inviabilidade e incompatibilidade da agricultura na RMBH, de justificar a contemporaneidade das agriculturas [...] e de visualizar futuras possibilidades de reprodução e ampliação da agricultura no território metropolitano” (ALMEIDA, 2016, p. 382).

A incorporação das agriculturas ao Macrozoneamento Metropolitano teve que passar pela etapa de mapeamento e caracterização das práticas agrícolas metropolitanas. E esta etapa

¹⁹ “A trama tem, entre seus objetivos, o de assegurar a continuidade entre espaços naturais, rurais e urbanos no âmbito metropolitano. Ela pode, por um lado, exercer um papel importante de delimitação de espaços construídos de ocupação populacional densa, evitando sua dispersão excessiva no território, e, por outro lado, proteger áreas de produção agrícola e complexos ambientais culturais de interesse metropolitano, além de contribuir para a proteção de unidades de conservação[...]” (UFMG, 2014, p. 42).

se mostrou bastante desafiadora, uma vez que havia uma lacuna de estudos e análises regionais sobre a agricultura, sobretudo estudos comprometidos com a espacialização da atividade agrícola, revelando um cenário diferente de outras temáticas consideradas mais relevantes ao Macrozoneamento, que contavam com banco de dados secundários e base de dados georreferenciadas (ALMEIDA, 2016; ALMEIDA, 2017).

Frente ao desafio do mapeamento dessas agriculturas, de acordo com Almeida (2016), primeiramente foi realizada uma análise dos planos diretores e legislação de uso e ocupação da terra dos municípios, a fim de propiciar uma visão geral das zonas urbanas e rurais da RMBH por meio do agrupamento de diferentes categorias presentes no zoneamento municipal.

Além disso, foi integrada à metodologia do projeto a realização de visitas técnicas a alguns municípios, bem como seminários metropolitanos e oficinas públicas. Somam-se também outras atividades complementares, tais como a espacialização das experiências agrícolas da Articulação Metropolitana de Agricultura Urbana (AMAU) e das experiências identificadas por bolsistas do Grupo de Estudos em Agricultura Urbana²⁰ (AUÊ!) em visitas locais, além do mapeamento por meio de outras iniciativas por georreferenciamento no software *Google Earth*²¹.

Por fim, a autora também menciona a incorporação de outras fontes de dados, trabalhos de pesquisas e consultas em páginas da internet, além de “reuniões com técnicos de ONGs, de instituições de assistência técnica e extensão rural, de secretarias municipais e com representantes de associações de agricultura familiar e sindicatos de trabalhadoras/es rurais” (ALMEIDA, 2016, p. 276).

Apesar de todo o esforço do levantamento de dados sobre as agriculturas, Oliveira e Costa (2018) mencionam que a dimensão da agricultura acabou não sendo considerada na proposta mínima²² da trama, apesar de estar presente na sua proposta conceitual.

²⁰ AUÊ! – Estudos em Agricultura Urbana. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<https://aueufmg.wordpress.com/>>. Acesso: jul/2022.

²¹ Google Earth. Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso: jul/2022.

²² Redução do escopo da trama, definindo-se zonas de interesse metropolitano às quais a trama foi trabalhada com mais detalhe, tendo em vista à limitação dos prazos do projeto. Ver mais em Oliveira & Costa (2018).

Especificamente em relação à agricultura, Almeida (2016) justifica a não incorporação das práticas agrícolas na proposta mínima devido ao caráter incompleto das informações espaciais, e também à falta de tempo e coesão metodológica para abarcar os dados existentes de alguns municípios da RMBH.

Houve uma intensa tentativa de inserir e visibilizar os espaços e os agentes vinculados à agricultura no geral e ampliação do reconhecimento da agricultura no território metropolitano, resultados dos esforços no entorno da construção de uma agenda política bastante pautada na importância da agricultura urbana e da agroecologia (ALMEIDA, 2016).

Finalmente, compreende-se que a incorporação da trama verde e azul pode vir a ser um instrumento auxiliar importante no planejamento territorial para a RMVPLN. Traduzida às especificidades regionais, a TVA deve ser pensada para além do viés ambiental, na qual a temática da agricultura urbana e periurbana viria a ser incorporada como uma dimensão dessa trama, que precisa ser espacializada e representada em cartografias como apoio ao debate e ao planejamento.

Nesse contexto que Anazawa (2019) constrói o argumento sobre a necessidade de se desenvolver uma *nova cartografia metropolitana* para a RMVPLN, contemplando representações que criem *regimes de visibilidade* para a diversidade desses territórios. A autora também incorpora a concepção da TVA como elemento articulador metropolitano, na qual cada dimensão desses territórios constitui-se como uma camada na composição dessa trama, e denomina de *Cartografias de Potência*, a “representação socioterritorial das possibilidades, das alternativas que possuem os territórios em desenvolver suas potencialidades” (ANAZAWA, 2019, p.4).

Tratando às dimensões da Trama e Verde Azul como elemento articulador do território nas iniciativas de planejamento territorial, o presente trabalho apresenta-se como uma contribuição à essas *Cartografias de Potência* situadas na RMVPLN, a partir do desenvolvimento de proposta metodológica para a criação de uma Cartografia da Agricultura Urbana e Periurbana metropolitana através da utilização de dados secundários, de métodos de geoprocessamento e análise espacial e métodos de classificação supervisionada baseados em árvores de decisão e método de classificação não supervisionada.

Tal metodologia foi elaborada para a área de estudo da RMVPLN, mas ela tem o propósito de ser replicável para outras áreas. Para isso, ela se apoia na utilização de dados secundários abertos e de abrangência nacional, tendo por característica a adaptabilidade dos métodos propostos às diversas realidades territoriais metropolitanas do país.

2.6 Informações sobre as bases de dados

Foi feita a opção de apresentar as bases de dados utilizadas neste trabalho nesta seção, que trata dos fundamentos teóricos que dão suporte às abordagens técnicas presentes nesta dissertação. O fundamento principal é que todas estas bases são abertas, de livre acesso e de produção sistemática para todo território nacional. Foram utilizados apenas dados secundários, ou seja, dados que já foram coletados, processados, tabulados e/ou analisados por outra pessoa ou instituição.

Cada uma das bases de dados foi selecionada considerando seu potencial explicativo para identificar e caracterizar áreas de AUP: a Malha de Setores Censitários contribui para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais; os imóveis do Cadastro Ambiental Rural (CAR) ajudam a identificar potenciais áreas com atividades agropecuárias e diferenciar sistemas de produção a partir do tamanho do imóveis; os pontos do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) do Censo Agropecuário contribuem com a localização dos estabelecimentos agropecuários; e o dado de uso e cobertura da terra auxilia como um indicador indireto de tipo de produção.

2.6.1 Malha de setores censitários

O setor censitário corresponde à menor porção territorial utilizada pelo IBGE para fins de planejamento e realização de coleta de dados. Os setores são “constituídos por polígonos contínuos, integralmente contidos em área urbana ou rural, cuja dimensão, número de domicílios e de estabelecimentos permitem ao recenseador cumprir suas atividades em um prazo determinado” (IBGE, 2021).

Desde 2000 até 2017 os setores censitários eram classificados por *tipo* e por *situação*. A classificação dos setores por *tipo* possuía caráter político-administrativo, referente à delimitação legal informada pelo município para fins de política urbana e tributária,

distinguindo os setores entre *urbanos* e *rurais* (IBGE, 2013). A partir da Malha Censitária de 2020 a informação do tipo de setor deixou de existir, mantendo-se apenas a classificação em relação à situação, que corresponde a uma nova abordagem de caracterização da ocupação humana adotada a partir do Censo 2000, que permite distinguir diferentes categorias de dispersão e aglomeração de domicílios no território. A Tabela 2.1 apresenta as diferenças apresentadas entre classes de situação dos setores censitários para as Malhas Censitárias de 2010 e 2020.

Tabela 2.1 - Classes da situação dos setores censitários da Malha 2010 e 2020.

Código do setor	Descrição (Malha 2010)
1	Área urbanizada de cidade ou vila
2	Área não-urbanizada de cidade ou vila
3	Área urbana isolada
4	Aglomerado rural de extensão urbana
5	Aglomerado rural isolado – povoado
6	Aglomerado rural isolado - núcleo
7	Aglomerado rural isolado – outros aglomerados
8	Zona rural, exclusive aglomerado rural
Código do setor	Descrição (Malha 2020)
1	Área urbana com alta densidade de edificações
2	Área urbana com baixa densidade de edificações (inclui expansão urbana, novos loteamentos, áreas verdes desabitadas, etc.)
3	Núcleo urbano (inclui as antigas áreas urbanas isoladas e aglomerados rurais de extensão urbana da metodologia do Censo 2010)

5	Aglomerado rural: Povoado (caracterizado pela existência de comércio e serviços)
6	Aglomerado rural: Núcleo (vinculado a um único proprietário, fazenda ou estabelecimento agropecuário)
7	Aglomerado rural: Lugarejo (não dispõe de comércio e serviços como o povoado)
8	Área rural (caracterizada pela dispersão de domicílios e estabelecimentos agropecuários)
9	Massa d'água (porções de água que por motivos operacionais foram isoladas em setor censitário)

Fonte: Adaptado de IBGE (2011) e IBGE (2021).

A Malha de Setores Censitários é disponibilizada em formato digital (IBGE, 2021), contendo informações do código do setor, da divisão político-administrativa e da situação do setor. A sua atualização usualmente era realizada apenas para o Censo Demográfico e Censo Agropecuário, entretanto, a partir de 2020, o IBGE passou a disponibilizar a Malha

Setorial Intermediária, sendo a Malha Setorial Intermediária 2019 o primeiro produto disponibilizado independentemente dos Censos que tem por objetivo a divulgação anual com a atualização da situação do setor.

Exemplos da utilização da malha de setores censitários em pesquisas e planejamento territorial podem ser encontrados no trabalho de Pera e Bueno (2016). Dentre as potencialidades do dado, elas apontam que a informação da situação do setor pode ser bastante valiosa para a caracterização da expansão urbana no contexto metropolitano e também para a classificação do território entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, possibilitando outra estruturação do território para além da dicotomia urbano-rural a partir do reagrupamento das classes de situação dos setores. Na proposta metodológica do presente trabalho, tal indicação de reagrupamento foi utilizada como base e adaptada para a malha censitária de 2020 para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais da RMVPLN.

2.6.2 Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O Cadastro Ambiental Rural (CAR), instituído pela Lei nº 12.651/12 (Novo Código Florestal), é um registro público eletrônico autodeclaratório de âmbito nacional e obrigatório a todos os imóveis rurais. O CAR tem por objetivo compor uma base de dados integrada de informações das propriedades e posses rurais com as informações ambientais (BRASIL, 2012), na qual os proprietários e posseiros devem fornecer dados georreferenciados referentes aos limites das propriedades, aos remanescentes de vegetação nativa, às Áreas de Reserva Legal (RLs), Áreas de Preservação Permanente (APPs), às áreas consolidadas e de uso restrito, entre outras informações (BRASIL, 2014). Os dados podem ser acessados por meio do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), que se destina à inscrição, consulta e acompanhamento da situação dos imóveis rurais, de responsabilidade do Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

Esse sistema de registro dos imóveis rurais do Brasil surgiu da necessidade de se avaliar se os imóveis seguem os critérios estabelecidos no código florestal, com o propósito de conseguir vincular as infrações ambientais aos responsáveis por um dado imóvel rural específico ou mesmo possibilitar que os possuidores de imóveis que estão em desacordo

com as leis ambientais possam aderir ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) e promover sua adequação.

O CAR é de responsabilidade do proprietário ou arrendatário rural do imóvel, e por ser autodeclaratório não é exigido um técnico e/ou profissional para a delimitação dos imóveis no sistema e realização do cadastro. A estratégia de autodeclaração teve por intuito facilitar a inscrição dos produtores, fomentando o cadastro desses imóveis em uma base de dados aberta e de âmbito nacional, ainda inexistente no país (OLIVEIRA; OLIVEIRA; 2019).

Para realizar o registro de um imóvel rural no SICAR são necessárias informações sobre o imóvel, sobre os proprietários/posseiros/arrendatários e também informações georreferenciadas a respeito da demarcação de características físicas específicas do imóvel. A partir de imagens de satélite fornecidas pelo sistema, o usuário pode tanto desenhar polígonos como carregar informações georreferenciadas elaboradas previamente.

Conforme o Manual de Cadastro (MMA, 2016), o georreferenciamento é composto por 5 passos de demarcação: 1) Área do imóvel: corresponde à área total do imóvel que está sendo cadastrado; 2) Cobertura do Solo: áreas no interior do imóvel constituídas por “Área de Pousio, “Área Consolidada” e “Remanescente de Vegetação Nativa”; 3) Servidão Administrativa: áreas ocupadas por obras públicas que recortam o interior do imóvel rural; 4) APP/Usos Restritos: áreas destinadas à proteção da diversidade biológica associadas aos mananciais hídricos, ao relevo e às áreas especiais de grande relevância ambiental; 5) Reserva Legal: áreas no interior do imóvel instituídas voluntariamente, temporária ou perpetuamente, para conservação dos recursos naturais.

O cadastro autodeclarado foi importante no processo de implementação inicial do CAR, mas há o atual desafio relacionado com a capacidade de análise desses cadastros por parte das Unidades da Federação (UFs), uma vez que o CAR ainda apresenta erros e fragilidades em relação aos limites declarados dos imóveis. De acordo com Silva e Landau (2020), a área declarada no Brasil até dezembro de 2018 já superava 100% (126,64%) das áreas passíveis de cadastramento, possivelmente devido à sobreposição de áreas entre imóveis rurais vizinhos ou mesmo de imóveis rurais com áreas não passíveis de cadastramento (Unidades de Conservação, Terras Indígenas, etc.).

Apesar da existência de iniciativas do governo federal para a verificação automática e análise dinamizada dos cadastros, tais como o AnalisaCAR, desenvolvido pelo SFB em 2021 (MAPA, 2021), ou mesmo iniciativas estaduais, como o Projeto GeoSiCAR PR (FRONZA *et al.*, 2018) e Projeto Valida CAR (OCV, 2019), desenvolvidos, respectivamente, pelos estados do Paraná e Pará, os números não analisados ainda são bastante expressivos. No país, até fevereiro de 2022, foram contabilizados mais de 6,5 milhões de cadastros, dos quais cerca de 1,25 milhões (~19%) tiveram algum tipo de análise - o que também inclui a situação “Aguardando análise”, que compreende cadastros que passaram por filtros automáticos do SICAR - e apenas 18,7 mil cadastros tiveram a análise de regularidade ambiental concluída (menos de 0,01%) (MAPA, 2022).

Diante deste cenário de grande volume de dados para serem analisados há também a disponibilização e transparência de uma base georreferenciada para *download* na plataforma do SICAR. Entretanto, ainda que a base esteja aberta ao público, seu processo de validação ainda está longe de ser finalizado, o que torna difícil a utilização desses dados em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) devido aos problemas de sobreposição de áreas entre os próprios imóveis, entre imóveis e projetos de assentamento, comunidades tradicionais, Unidades de Conservação, Terras Indígenas e demais áreas não passíveis de cadastramento. De certa forma, mesmo não tendo caráter fundiário, as sobreposições geométricas do CAR acabam revelando espacialmente uma dimensão desses conflitos.

Apesar dessas questões, essa base de dados tem sido utilizada para diversos fins, extrapolando inclusive as temáticas ambientais. Para os estudos de sistemas produtivos, por exemplo, o CAR pode ser um importante indicador de presença de uma área agrícola em potencial ou mesmo de determinadas classes de tamanho de imóveis. Tais informações são úteis para o presente trabalho, o que justifica sua utilização apesar das fragilidades apresentadas.

Sendo assim, para a finalidade dessa pesquisa foi necessário o desenvolvimento de metodologia para remoção das sobreposições geométricas entre os imóveis rurais, apresentada com mais detalhes no Item 3.3.1.2.

2.6.3 Censo Agropecuário 2017: Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE)

O Censo Agropecuário corresponde a um dos maiores levantamentos de informações e estatísticas a respeito da situação agropecuária do país. As principais variáveis do Censo Agropecuário (CA) correspondem às características do produtor, características do estabelecimento, pecuária, produção vegetal, agroindústria, valores monetários e valores da produção.

Por definição, um estabelecimento agropecuário é “toda unidade de produção ou exploração dedicada, total ou parcialmente, a atividades agropecuárias, florestais e aquícolas” (IBGE, 2019, p.14), podendo localizar-se em áreas rurais ou urbanas, que tenha como objetivo a produção (seja para a venda ou para a subsistência).

Os dados são coletados nos estabelecimentos agropecuários do país e disseminados a nível municipal, que corresponde ao maior nível de desagregação geográfica de disseminação dos dados do Censo Agropecuário. O período de referência adotado no Censo Agropecuário de 2017 compreende o intervalo de 1º de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017 (IBGE, 2019).

Os produtos do CA 2017 são os Resultados Definitivos, o Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE), o Trajeto dos Recenseadores e a Malha dos Setores Censitários 2017. Para o presente estudo, foram utilizados dados do CNEFE Agropecuário referentes aos 39 municípios da RMVPLN-SP.

O CNEFE²³ do Censo Agropecuário reúne os endereços e as coordenadas geográficas dos estabelecimentos agropecuários. A captura de coordenadas geográficas em geral está atrelada à sede do estabelecimento agropecuário, porém, outras áreas do estabelecimento podem estar representadas nesses pontos, tais como a porteira ou a própria área de cultivo (IBGE, 2019a).

²³ “O Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) é um repositório de endereços de abrangência nacional mantido pelo IBGE. Surgido em 2005 a partir da sistematização dos dados coletados pelo Censo 2000, este cadastro contempla hoje informações sobre domicílios e estabelecimentos de todo o país. A cada Censo Demográfico ele é totalmente atualizado, passando também por um processo contínuo de atualizações pontuais de acordo com a demanda das demais pesquisas.” (<https://respondendo.ibge.gov.br/voce-foi-procurado-pelo-ibge/pesquisas/outras-pesquisas/cnefe.html>)

2.6.4 Mapbiomas – Coleção 6

O Projeto Mabiomas é uma iniciativa existente desde 2015 constituída por Organizações Não Governamentais (ONGs), comunidades acadêmicas e de *startups* de tecnologia que produz dados sobre as transformações do território brasileiro, disponibilizando desde mosaicos de imagens e mapeamentos anuais de uso e cobertura da terra até dados de monitoramento de desmatamento, superfície de água e cicatrizes de fogo desde o ano de 1985 (MAPBIOMAS, 2019).

Todos os mapas de uso e cobertura do Mapbiomas são produzidos a partir da classificação pixel a pixel baseada na coleção de satélites *Landsat*, que possuem resolução espacial de 30 metros. Tendo em vista a dimensão territorial e o longo período de análise (desde 1985) todo o processamento é realizado em nuvem através da plataforma *Google Earth Engine (GEE)*, na qual o algoritmo *Random Forest* é utilizado na classificação (SOUZA JUNIOR *et al*, 2020).

Os produtos do Mapbiomas são disponibilizados em coleções e cada uma delas representa um certo período de análise e também melhorias na metodologia de classificação. A Coleção 6 é a mais atual, cobrindo o período de 1985-2020. Para cada coleção gerada há o processamento de dados desde 1985 até o ano de lançamento da coleção mais recente (com nova metodologia de classificação). Coleções antigas não são atualizadas com as respectivas metodologias de sua época, sendo assim, considerando as diferenças metodológicas empregadas, a comparabilidade entre coleções torna-se incoerente. Mais informações a respeito da metodologia da Coleção 6 podem ser encontradas no Documento Base da Teoria do Algoritmo (MAPBIOMAS, 2022).

Sabe-se que a resolução espacial do dado apresenta limitações do ponto de vista da identificação de alvos que requerem resoluções espaciais mais altas e mais ricas em detalhes, como é o caso da AUP e das agriculturas de pequena escala em geral. Dentre as classes de uso e cobertura²⁴ da Coleção 6 que mais dialogam com a temática do trabalho,

²⁴ A descrição das classes de uso e cobertura pode ser encontrada no Documento Base da Teoria do Algoritmo, traduzido do inglês *Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)*, páginas 37 a 43. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/ATBD_Collection_6_v1_January_2022.pdf>. Acesso: maio/2022.

as de maior aderência ao tema desta pesquisa são: a classe agricultura e a classe mosaico de agricultura e pastagem.

A classe agricultura mapeada pelo Mapbiomas relaciona-se principalmente aos cultivos de grande escala, na qual pode-se encontrar soja, cana-de-açúcar, arroz e outros cultivos com ciclos menores do que um ano representando as culturas temporárias; e também café, citrus e outros plantios com ciclos maiores que um ano representando as culturas permanentes. Já a classe mosaico de agricultura e pastagem corresponde às áreas em que não foi possível distinguir entre agricultura e pastagem ou mesmo áreas em que elas ocorrem de forma conjunta. Neste sentido ela é uma classe que acaba contemplando, ainda que de forma indireta e não exclusiva, as agriculturas de menor escala, uma vez que se fossem áreas maiores, com respostas espectrais da imagem bem delimitadas e ciclos agrícolas bem definidos, tais áreas seriam classificadas ou como agricultura ou como pastagem. A dificuldade de distinção entre as classes pode indicar uma maior heterogeneidade nessas áreas, mas mais estudos precisam ser realizados para que essa suposição seja comprovada.

Apesar das limitações relacionadas à resolução espacial e da dificuldade de identificar esses sistemas produtivos de menor escala, que é desafio não apenas do Mapbiomas mas a todas as iniciativas de uso e cobertura existentes (SOUZA *et al*, 2019), a sua utilização no presente trabalho justifica-se pelo fato de ser o dado de uso e cobertura mais desagregado que se tem para toda a RMVPLN e que também é de uso público e permite a replicabilidade metodológica para outras áreas do país dada a sua abrangência nacional.

2.7 Métodos de classificação

A classificação é um procedimento de categorização, criação de classes de objetos, que pode abranger qualquer contexto em que alguma decisão ou previsão pode ser feita com base em um conjunto de informações disponíveis para que se estabeleça estas classes, e ocorre em uma ampla gama de atividades humanas. Um método de classificação corresponde a ação de fazer tais decisões e previsões repetidamente em novos contextos (novos conjuntos de informações) através de um protocolo formal, para a identificação e caracterização das classes, que deve ser seguido (MICHIE; SPIEGELHALTER; TAYLOR, 1994).

Em procedimentos que envolvem aprendizagem automática, tais como aprendizado de máquina (*machine learning*) e nas classificações estatísticas, tem-se o problema de como alocar um objeto/observação, com base em um conjunto de dados, em uma das várias classes que apresentam padrões distintos. Os métodos de classificação dividem-se entre os não-supervisionados e supervisionados. Os não-supervisionados não requerem um conhecimento a priori das classes existentes para uma dada área, sendo estas inferidas a partir dos dados. Já os métodos supervisionados baseiam-se em conhecimento prévio das classes existentes, ou seja, necessitam de amostras de treinamento para que seja possível prever as classes para todo restante do conjunto de dados (MICHIE; SPIEGELHALTER; TAYLOR, 1994; RAUDYS, 2001).

2.7.1 Classificação por análise de agrupamentos (não supervisionada)

A análise de agrupamentos, também conhecida como análise de *cluster*, é um método de aprendizado de máquina (*machine learning*) não-supervisionado que tem como principal objetivo encontrar grupos que internamente apresentem objetos com alto grau de semelhança entre eles enquanto objetos de grupos distintos sejam os mais díspares possível. É um método que permite agrupar casos ou variáveis em grupos homogêneos a partir do grau de similaridade entre os objetos (FAVERO *et al*, 2009).

É bastante útil quando se deseja realizar uma análise exploratória, reduzir e simplificar os dados, particionando-se em grupos e subgrupos, para geração de hipóteses a partir de um conjunto de dados ainda pouco explorado e também para fins confirmatórios, quando se tem conhecimento prévio, ou hipóteses, de possíveis grupos e pretende-se investigar se eles se confirmam (HAIR *et al*, 2009).

Uma característica fundamental da análise de agrupamentos é o destaque para o conhecimento da/o analista, uma vez que, diferentemente de outras técnicas multivariadas, as variáveis selecionadas não são estimadas estatisticamente, mas sim selecionadas por quem realiza a pesquisa. Ou seja, a *seleção de variáveis* bastante representativas para o objeto de estudo é uma das etapas mais importantes para quem deseja realizar este tipo de análise. E como a formação dos grupos é totalmente dependente das variáveis selecionadas, o resultado do agrupamento não pode ser

generalizável, isto é, não se pode esboçar inferências estatísticas de uma amostra para uma população.

Após a seleção das variáveis, a outra etapa consiste em escolher a *medida de similaridade* entre as observações, que define como a similaridade entre dois elementos (x, y) é calculada. As mais comuns são as medidas baseadas em distância (considera objetos semelhantes se estiverem próximas no espaço de atributos) e as medidas baseadas em correlação (considera dois objetos semelhantes se suas características forem altamente correlacionadas) (KASSAMBARA, 2017).

Posterior à medida de similaridade é a escolha do *método de agrupamento*, responsável por agregar os objetos mais similares. Os mais conhecidos correspondem aos métodos hierárquicos e não-hierárquicos: o primeiro classifica as observações em uma estrutura hierárquica com representação dos objetos em forma de dendogramas (aglomerativos ou divisivos) e não necessita que se especifique o número de grupos previamente; o segundo subdivide as observações com base no número de grupos indicados pelo analista, utilizando-se uma técnica de realocação interativa que move objetos de um grupo para o outro na tentativa de achar o melhor particionamento, em que se buscam objetos representativos para caracterizar cada um dos grupos formados. A respeito de outros métodos existentes consultar (HAN; KAMBER; PEI, 2011; KASSAMBARA, 2017).

Por fim, as etapas subsequentes correspondem à interpretação dos agrupamentos com a análise de suas características e à avaliação dos resultados da solução final, seja por meio de métodos estatísticos ou por meios de significância prática, em que a analista compara os agrupamentos obtidos com uma tipologia pré-concebida (HAIR *et al*, 2009).

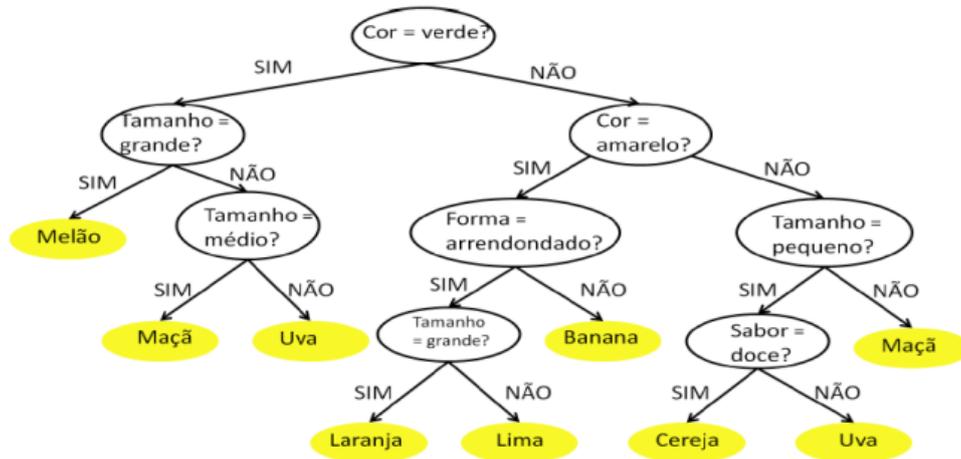
2.7.2 Classificação por árvores de decisão (supervisionada)

Árvores de decisão (AD) é um método de aprendizado de máquina supervisionado muito conhecido e usado devido à sua simplicidade, interpretabilidade, baixo custo computacional e à capacidade de lidar com dados impuros (BREIMAN; IHAKA, 1984). A estrutura de uma árvore de decisão é semelhante a de um fluxograma, em que cada nó representa um teste no valor de um dado atributo, cada ramo representa um resultado do teste e as folhas da árvore representam classes ou distribuições de classes. A classificação dos objetos é realizada através da estratégia de partição sequencial dos atributos conforme

regras aprendidas a partir do conjunto de amostras de treinamento, com o objetivo de encaixar os objetos na melhor classe que os represente (HAN; KAMBER; PEI, 2011; ZANOTTA; FERREIRA; ZORTEA, 2019).

Os algoritmos mais conhecidos possuem estilos semelhantes de construção da AD, tais como o CART (BREIMAN; IHAKA, 1984), ID3 (QUINLAN, 1986) e o C4.5 (QUINLAN, 1992), diferindo na etapa da escolha do melhor atributo para a separação dos dados. Para isso, medidas de homogeneidade são utilizadas para a escolha dos nós (atributos) na tentativa de minimizar a impureza das classes. Dentre elas destaca-se o critério da impureza, o índice de diversidade de Gini (BREIMAN; IHAKA, 1984) e o ganho de informação (QUINLAN, 1986). A lógica consiste em escolher o atributo que melhor separa os dados para ser a raiz da árvore, a partir da qual novas ramificações são geradas podendo resultar em um novo nó (uma subárvore com outro atributo discriminante) ou em uma folha (ponto final de uma árvore, designação da classe para o conjunto de objetos presentes naquela ramificação). Um exemplo pode ser visto na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Exemplo de uma árvore de decisão.



Exemplo de uma AD para classificar uma fruta a partir das suas características.

Fonte: Muniz (2010).

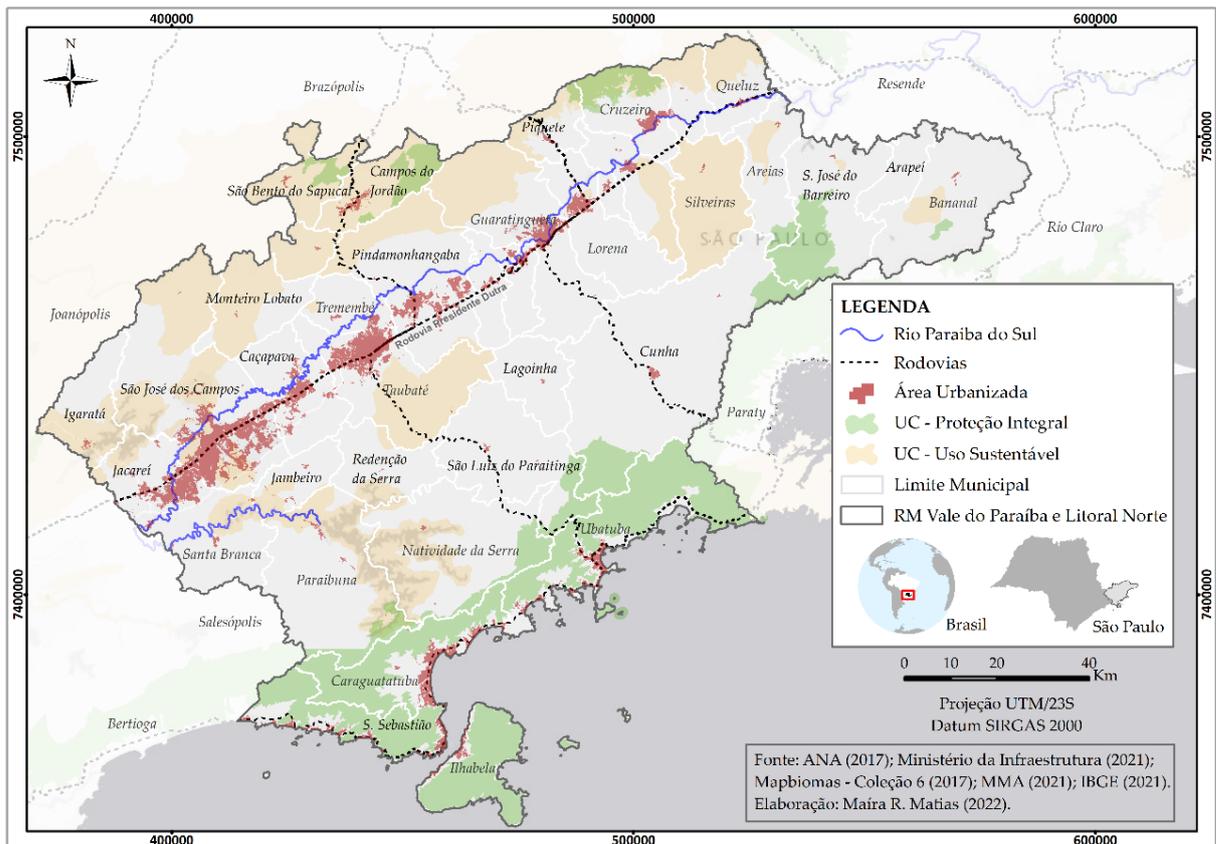
No próximo capítulo é apresentada a abordagem metodológica proposta e avaliada nesta dissertação. As bases de dados e os métodos, que são elementos desta abordagem, foram apresentados de forma simplificada neste capítulo.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), composta por 39 municípios, foi criada pela Lei Complementar 1.166/2012 e compreende uma das seis regiões metropolitanas do estado de São Paulo (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Mapa da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

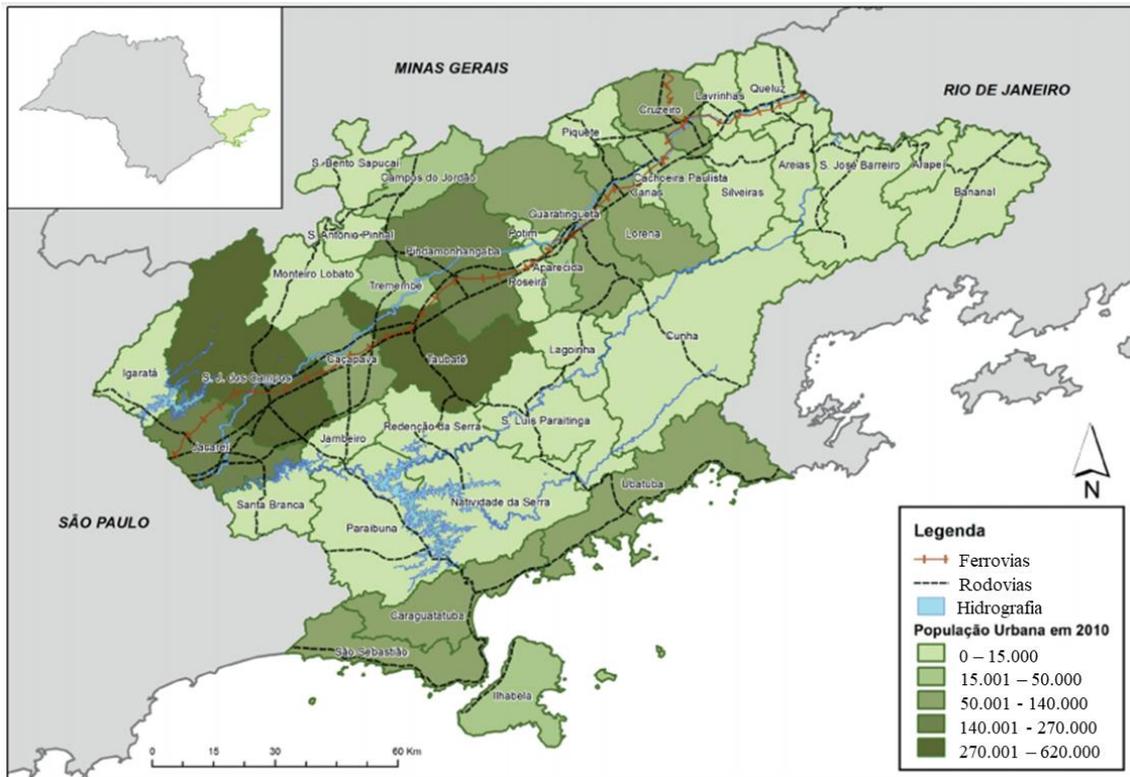


Fonte: Produção da autora.

Os 39 municípios da região totalizam 16.178 km², o equivalente a 6,52% da área do estado de São Paulo (IBGE, 2019b). Em termos populacionais, foram estimados 2.576.250 habitantes em 2020, segundo estimativas populacionais do IBGE. Em relação à população urbana (

Figura 3.2), como bem ressaltado por Gomes e Andrade (2020), cerca de 51,4% da população urbana total concentrava-se em apenas 3 cidades no último Censo Demográfico de 2010, sendo elas São José dos Campos (617.106 habitantes - 28,9%), Taubaté e Jacareí, estas últimas concentrando entre 200 e 300 mil habitantes urbanas cada uma, reunindo 22,5% de toda população urbana da RMVPLN.

Figura 3.2 - População urbana em 2010 - Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.



Fonte: Gomes e Andrade (2020).

Historicamente, a região se constituiu como um lugar de passagem entre São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, mantendo até hoje a característica de possuir localização estratégica entre as maiores regiões metropolitanas do país, São Paulo e Rio de Janeiro (GOMES; ANDRADE, 2020). Ainda de acordo com os autores, a história econômica e social envolveu desde atividades de trocas para subsistência, passando pela economia cafeeira nos séculos XVIII e XIX, e um posterior processo de industrialização, desenvolvimento científico-tecnológico e intensa urbanização, sobretudo na segunda metade do século XX.

Atualmente a RMVPLN é reconhecida pela diversificação em suas atividades econômicas, com presença nos setores automobilístico, aeroespacial e farmacêutico nos municípios do eixo da Rodovia Presidente Dutra; destaque também para o polo científico e tecnológico, reunindo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) em São José dos Campos. Acrescentam-se também atividades portuárias e petroleiras no Litoral Norte e atividades

turísticas na Serra da Mantiqueira, nas cidades históricas e no litoral (EMPLASA, 2011; ABREU, 2015).

No tocante à atividade agropecuária, é importante mencionar que as paisagens atuais da região foram fortemente marcadas pelo histórico do cultivo do café entre os séculos XVIII e XIX. Com a degradação dos solos e a proibição da mão de obra escravizada no fim do século XIX, a paisagem do café deu lugar a extensos pastos com a pecuária leiteira e, de 1930 a 1960, houve a emergência de uma agricultura de gêneros alimentícios (OLIVEIRA; RUÍZ; 2018). Tal agricultura encontra-se predominantemente nos solos mais férteis das várzeas do Rio Paraíba do Sul (MARINELO, 2014).

Segundo o Censo Agropecuário 2017, foram registrados 10.003 estabelecimentos agropecuários na RMVPLN, totalizando 683.872 hectares. A agricultura familiar responde por 5.920 estabelecimentos (59%), com 143.581 hectares, o equivalente a 21% da área total dos estabelecimentos agropecuários da região.

Os dados da Tabela 3.1 permitem observar que, em consonância com a literatura, a produção pecuária e a criação de outros animais têm forte presença na região, respondendo por aproximadamente 75% dos estabelecimentos, seguida da agricultura (19,2%), floresta plantada (4%) e outras atividades (1,5%).

Tabela 3.1 – Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica (Geral e Familiar).

Grupos de atividade econômica	Pecuária	Agricultura	Floresta Plantada	Outras	Total
Total Estabelecimentos Agropecuários	7525	1925	403	150	10003
Nº Estabelecimentos Familiar	4470	1237	153	60	5920
% Estabelecimentos Familiar (Total)	44,7%	12,4%	1,5%	0,6%	
% Estabelecimentos Familiar (Por Grupo)	59,4%	64,3%	38,0%	40,0%	

Fonte: Produção da autora.

Em relação à agricultura familiar, quando analisada em relação ao total de estabelecimentos, a pecuária também se faz mais presente (44,7%), seguida da agricultura (12,4%). Quando analisada em relação ao total do grupo, a agricultura é o responde por aproximadamente 64% dos estabelecimentos familiares que desenvolvem atividades agrícolas (lavouras temporárias,

lavouras permanentes, horticultura e floricultura e produção de sementes), o que representa 1237 em relação ao total de 1925 estabelecimentos envolvidos nesta atividade. Seguindo esta mesma análise, a pecuária fica em segundo lugar, com 59,4% dentre os 7.525 estabelecimentos.

3.2 Materiais

A Tabela 3.2 reúne informações sobre os dados utilizados na pesquisa e descritos com maior detalhe na Seção 3.3.1, que apresenta as etapas de pré-processamento necessárias para as manipulações nas etapas subsequentes.

Tabela 3.2 - Resumo das informações da base de dados utilizada.

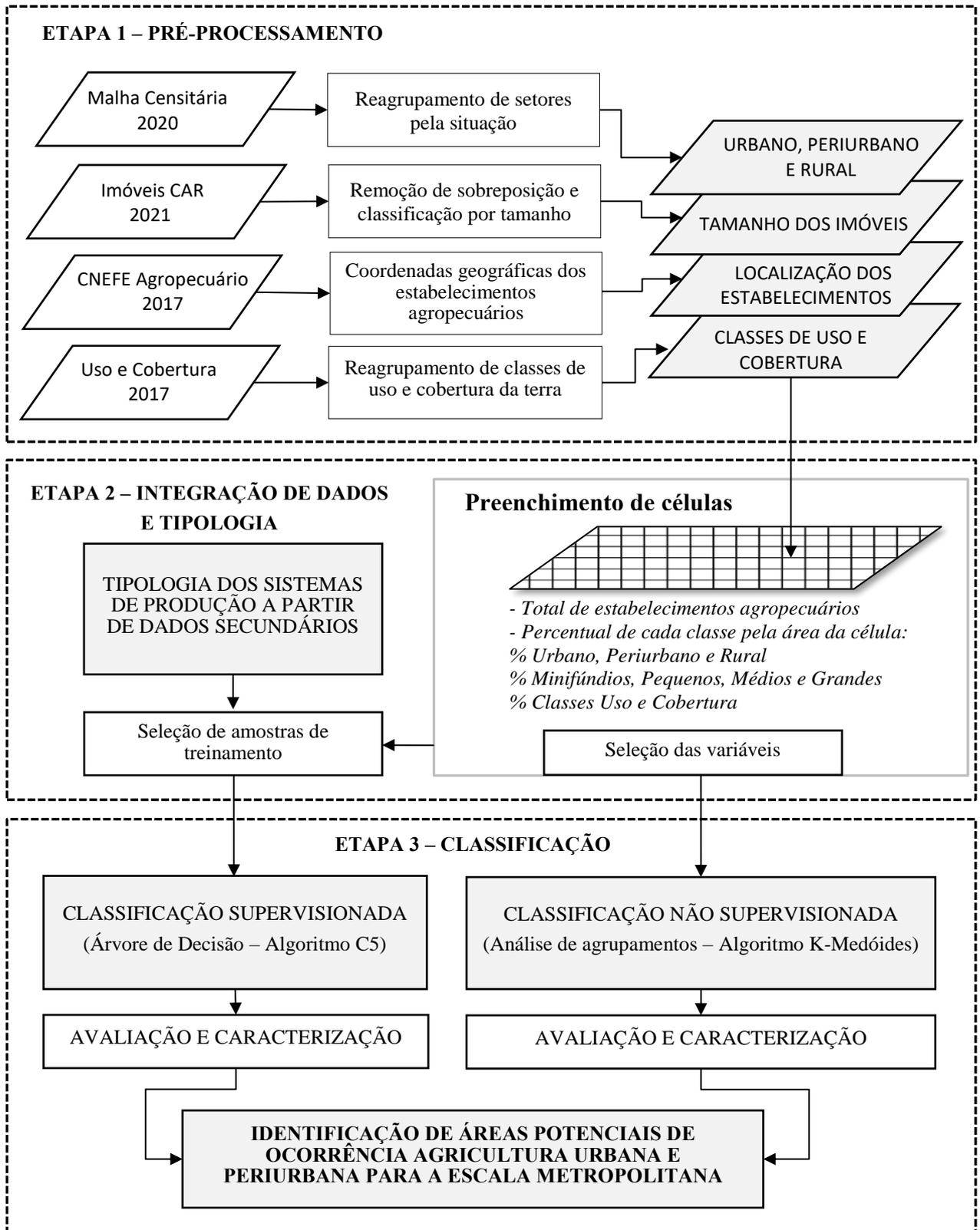
DADOS	OBJETIVO	FONTE	ANO	TIPO DE DADO
Malha de Setores Censitários	Delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais	IBGE	2020	Vetorial (Polígonos)
Imóveis do Cadastro Ambiental Rural (CAR)	Escala do estabelecimento: Classificação dos imóveis por tamanho	SFB	Set/2021	Vetorial (Polígonos)
Censo Agropecuário - Cadastro Nacional De Endereços Para Fins Estatísticos (CNEFE)	Localização dos estabelecimentos agropecuários recenseados	IBGE	2017	Tabular/Vetorial (Pontos)
Uso e Cobertura da Terra	Indicador de produção: Classes de uso e cobertura da terra	MAPBIOMAS (Coleção 06)	2017	Matricial (Raster)

Fonte: Produção da autora.

3.3 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho foram agrupados em 3 etapas explicativas apresentadas na Figura 3.3: Etapa 1 de pré-processamento dos dados secundários; Etapa 2 de integração dos diferentes tipos de dados no espaço celular e construção da tipologia dos sistemas de produção da RMVPLN; Etapa 3 de classificação, avaliação e caracterização.

Figura 3.3 - Diagrama metodológico geral com as etapas da pesquisa.



Fonte: Produção da autora.

3.3.1 Etapa 1: pré-processamento dos dados

A Etapa 1 reúne estratégias metodológicas para a delimitação do urbano, periurbano e rural a partir dos setores censitários; para a edição da sobreposição geométrica dos imóveis CAR e classificação dos imóveis por classe de tamanho; transformação das informações tabulares em localização pontual dos estabelecimentos agropecuários recenseados; e reclassificação do dado de uso e cobertura da terra.

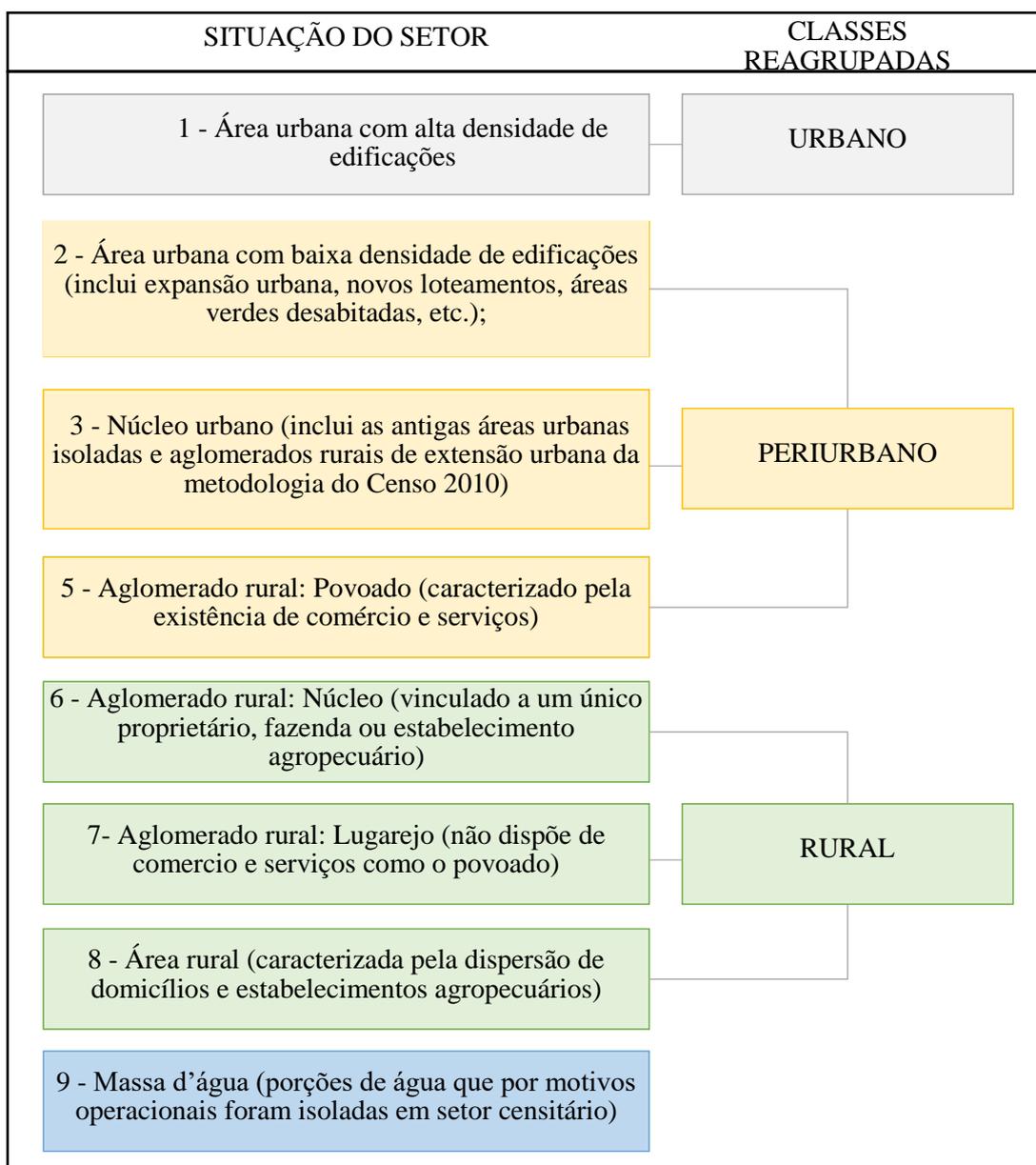
3.3.1.1 Malha de setores censitários

Para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais da RMVPLN foi realizado o reagrupamento das classes de situação dos setores censitários (Figura 3.4), adaptando-se a metodologia de Pera e Bueno (2016) para a nova Malha Censitária 2020.

O reagrupamento proposto não tem por objetivo esgotar as possibilidades de discussões teóricas a respeito do que é urbano, periurbano ou rural, mas sim apresentar uma das possibilidades de arranjos territoriais que a malha censitária pode oferecer, tendo em vista os critérios adotados pelo IBGE para diferenciação da situação dos setores através da densidade de edificações, dispersão de domicílios e estabelecimentos agropecuários e também da existência de comércio e serviços.

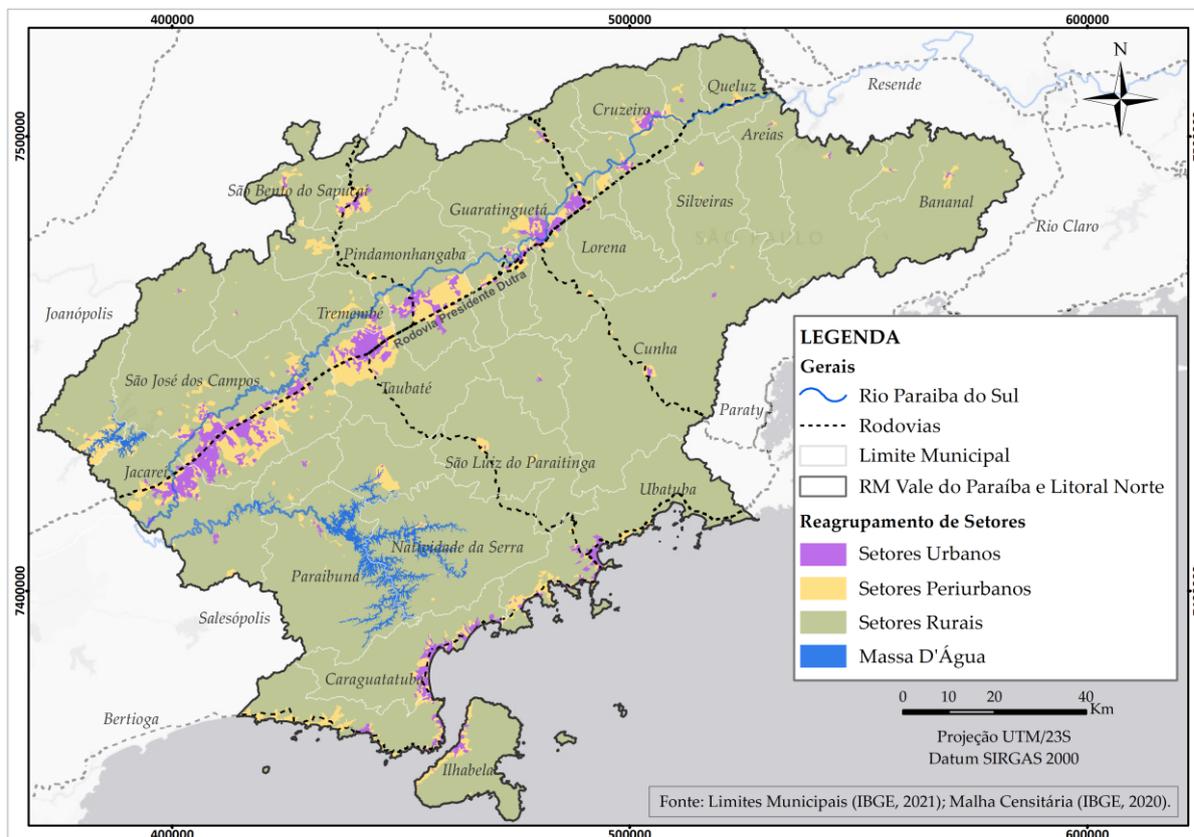
Para a AUP, a densidade de edificações dá indicativos de possibilidades agrícolas distintas conforme seu maior ou menor grau e a existência de comércio e serviços dá indicativos de integração econômica e espacial entre os arranjos territoriais. A Figura 3.5 e a Tabela 3.3 resumem o reagrupamento de setores para os 39 municípios da RMVPLN.

Figura 3.4 - Proposta de delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais a partir do reagrupamento dos setores censitários (Malha 2020).



Fonte: Produção da autora.

Figura 3.5 - Mapa do reagrupamento de setores para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais da RMVPLN.



Fonte: Produção da autora.

Tabela 3.3 - Resumo do reagrupamento de setores para a RMVPLN.

Classificação dos Setores	Total de Setores	Área (Km ²)	% Área RMVPLN	Situação	Total por Situação
Setores Urbanos	4295	410,1	2,5	1	4295
				2	860
Setores Periurbanos	1160	808,7	5,0	3	248
				5	52
				7	33
Setores Rurais	856	14751,9	91,2	8	823
				9	13
Massa D'Água	13	207,2	1,3		
Total	6324	16177,9	100,0		6324

Fonte: Produção da autora.

O resultado do pré-processamento dos dados da Malha Censitária 2020 demonstra que os setores urbanos representam os maiores valores quantitativos. Isso ocorre devido à característica mais adensada desses setores, que em uma pequena porção de área consegue

concentrar o mínimo de domicílios estabelecidos pelo IBGE que um recenseador é capaz de percorrer durante suas atividades. Tal classificação dos setores urbanos está de acordo com o padrão de ocupação humana do território da RMVPLN, em consonância com as aberturas das rodovias, especialmente a Rodovia Presidente Dutra, e da ocupação do litoral norte.

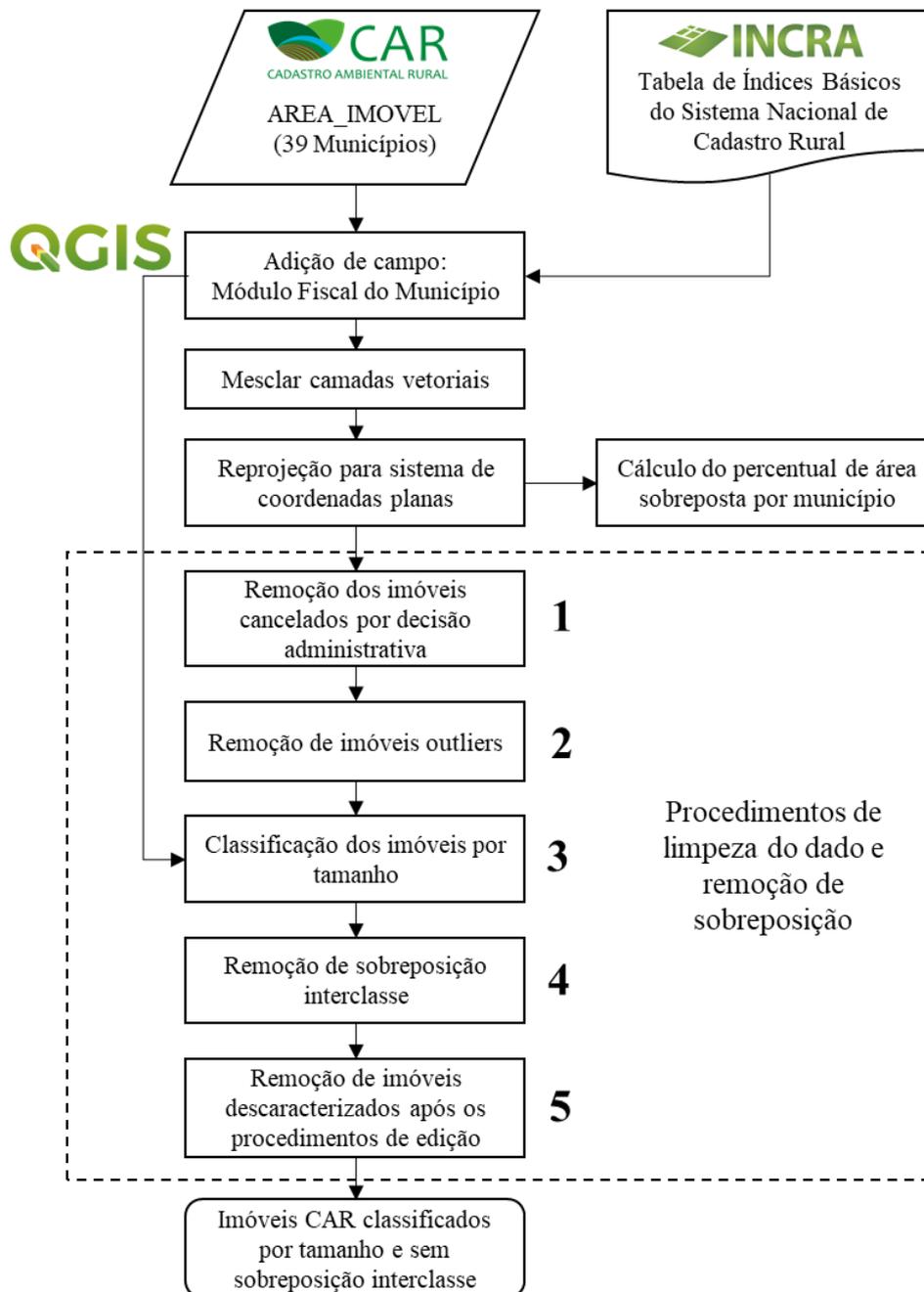
As áreas periurbanas correspondem ao dobro da área de setores urbanos, e são majoritariamente constituídas por setores de situação 2, ou seja, áreas que são urbanizadas e próximas ao tecido urbano de maior concentração de edificações, mas que apresentam baixa densidade de edificações. Visualmente esse padrão é observado pelo contorno imediato das áreas urbanas, diferentemente do periurbano composto pelas situações 3 e 5, que se situa em pequenos fragmentos espalhados no entorno rural, mas não tão distantes das áreas classificadas como urbanas.

As áreas rurais respondem pela maior proporção da RMVPLN e pela menor quantidade de setores. Isso ocorre devido ao tamanho médio dos setores rurais ser maior que o das outras classes, tendo em vista que sua constituição é principalmente da situação 8, caracterizada pela dispersão de domicílios e estabelecimentos agropecuários, situação inversa a encontrada nos setores urbanos (situação 1). A classe Massa D'Água compreende áreas dos reservatórios de Paraibuna, Santa Branca e Jaguari.

3.3.1.2 Imóveis do Cadastro Ambiental Rural

Para a utilização dos dados do CAR como indicador da escala do estabelecimento (classes de tamanho dos imóveis) e sem problemas de sobreposição para a integração do dado no espaço celular foram necessários alguns procedimentos metodológicos resumidos na Figura 3.6, que incluem a realização de diagnóstico dos problemas de área sobreposta por município e posteriormente a remoção das sobreposições geométricas entre os imóveis. A descrição de cada uma das operações espaciais e os conceitos mencionadas nos procedimentos de 1 a 5 da Figura 3.6 são apresentados a seguir.

Figura 3.6 - Fluxograma com as etapas para limpeza do dado do CAR e remoção de sobreposição.



Fonte: Produção da autora.

A etapa básica consistiu no *download* e organização do banco de dados geográficos dos imóveis CAR para a RMVPLN. Primeiramente, os arquivos vetoriais do CAR (em formato *shapefile*) foram baixados no SICAR para os 39 municípios, sendo utilizado apenas o arquivo dos limites da área do imóvel (AREA_IMOVEL) referente a setembro de 2021.

Em seguida, com base na Tabela de Índices Básicos do Sistema Nacional de Cadastro Rural disponibilizada no portal do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), foi adicionado um novo campo na tabela de atributos para a adição da informação de módulo fiscal municipal (informação utilizada para a realização da classificação dos imóveis por tamanho nas etapas subsequentes). O módulo fiscal (MF) é uma unidade de medida, em hectares, estabelecida pelo INCRA que varia de acordo com cada município. Seu valor expressa a área mínima necessária para que uma unidade produtiva seja economicamente viável (EMBRAPA, 2017; INCRA, 2021).

Após a adição do MF, as camadas vetoriais foram mescladas e reprojctadas para o sistema de coordenadas planas UTM/23S (Datum SIRGAS 2000) para que fosse possível realizar o cálculo do percentual de área sobreposta por município conforme metodologia de Franco (2018) (3.1). O cálculo do percentual de sobreposição teve por objetivo fazer um diagnóstico dos problemas de área sobreposta de cada um dos municípios da região metropolitana.

$$\text{Sobreposição} = \frac{\text{Área total dissolvida (sem sobreposição)}}{\text{Área total declarada (com sobreposição)}} \quad (3.1)$$

Onde:

Área total dissolvida = Soma da área dos polígonos CAR dissolvidos

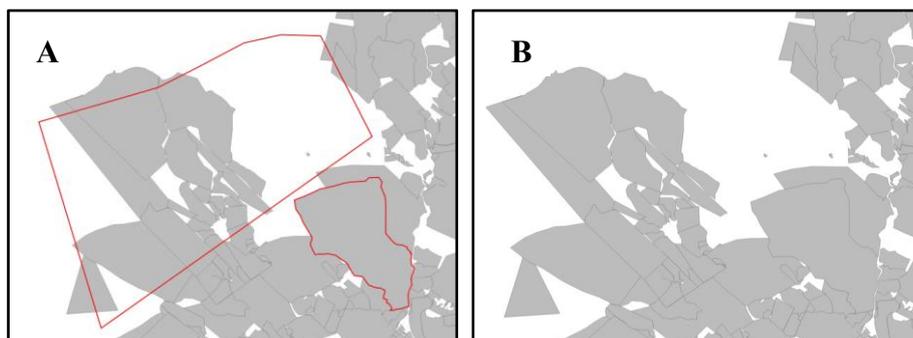
Área total declarada = Soma da área de cada polígono CAR

Após a etapa básica de organização dos dados do CAR foram realizados os procedimentos metodológicos de “limpeza” do dado, que podem ser divididos em 5 etapas: 1) Remoção dos imóveis cancelados por decisão administrativa; 2) Remoção dos imóveis outliers; 3) Classificação dos imóveis por tamanho (minifúndio, pequeno, médio e grande); 4) Remoção de sobreposição interclasse; 5) Remoção dos imóveis descaracterizados após os procedimentos de edição. Após cada uma das etapas de limpeza do dado foi realizado o cálculo de área sobreposta por município a fim de acompanhar qual etapa de edição teve maior contribuição na redução do percentual de sobreposição.

1) *Remoção dos imóveis cancelados por decisão administrativa*

Os imóveis cancelados por decisão administrativa são imóveis que tiveram seu cadastro indeferido por órgão ambiental competente. Ainda que indeferidos, eles estão presentes na base de *download* do CAR, portanto, optou-se pela sua remoção (Figura 3.7).

Figura 3.7 - Exemplo de imóveis cancelados por decisão administrativa - polígono em vermelho (A) e exemplo de imóveis após remoção dos cancelados (B).



Fonte: Produção da autora.

2) *Remoção de imóveis outliers*

Imóveis rurais outliers são aqueles que apresentam área discrepante do conjunto de imóveis do município, com base em sua média e desvio padrão, ou seja, são extremos positivos dos dados. Franco (2018) estabelece um valor de corte a partir do qual um imóvel será considerado ou não um imóvel *outlier* (Equação 3.2):

$$\text{Valor de corte} = \text{Média} + N * \text{Desvio Padrão} \quad (3.2)$$

Onde:

Média = Média das áreas dos imóveis rurais no município;

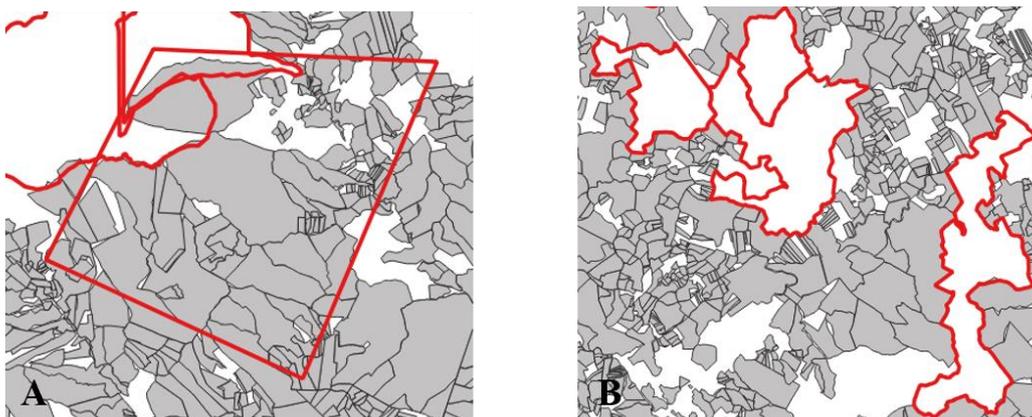
Desvio Padrão = Desvio padrão das áreas dos imóveis rurais no município;

N = Número inteiro, definido a partir da observação do conjunto de dados, a ser multiplicado pelo desvio padrão (quanto maior esse valor, maior será o valor de corte e, conseqüentemente, a área do imóvel a partir da qual será considerada um outlier).

A etapa de remoção de outliers foi adotada devido à diminuição das grandes sobreposições existentes nos municípios analisados no estudo de Franco (2018). Alguns imóveis *outliers* podem ter sido cadastrados erroneamente e, devido ao seu tamanho discrepante, acaba por sobrepor-se a muitos outros imóveis (Figura 3.8 - A). Ocorre que nem sempre os *outliers* são imóveis que apresentam grandes sobreposições com os demais, podem representar apenas

imóveis muito grandes (Figura 3.8 - B). Quanto menor o valor de corte maior a quantidade de imóveis que serão classificados como *outliers* (e posteriormente removidos). Sendo assim, após testes realizados para o conjunto de imóveis rurais dos 39 municípios, foi adotado $N = 9$ para o cálculo do valor de corte.

Figura 3.8 - Exemplo de imóvel classificado como *outlier* que não possui correspondência com os limites dos imóveis do entorno (A) e exemplo de imóveis classificados como *outliers* que possuem correspondência com o entorno (B).



Fonte: Produção da autora.

3) Classificação dos imóveis por tamanho

Os polígonos do CAR foram classificados por tamanho com base nos módulos fiscais dos imóveis, conforme a Lei 8.629/1993 (Tabela 3.4). Os polígonos de mesma classe foram agrupados em uma única camada e cada grupo foi exportado como um novo arquivo shapefile para a realização dos procedimentos de remoção.

Tabela 3.4 - Classificação dos imóveis por tamanho, em módulos fiscais.

Tamanho dos imóveis	Módulo Fiscal
Minifúndio*	< 1
Pequeno	1 a 4
Médio	4 a 15
Grande	> 15

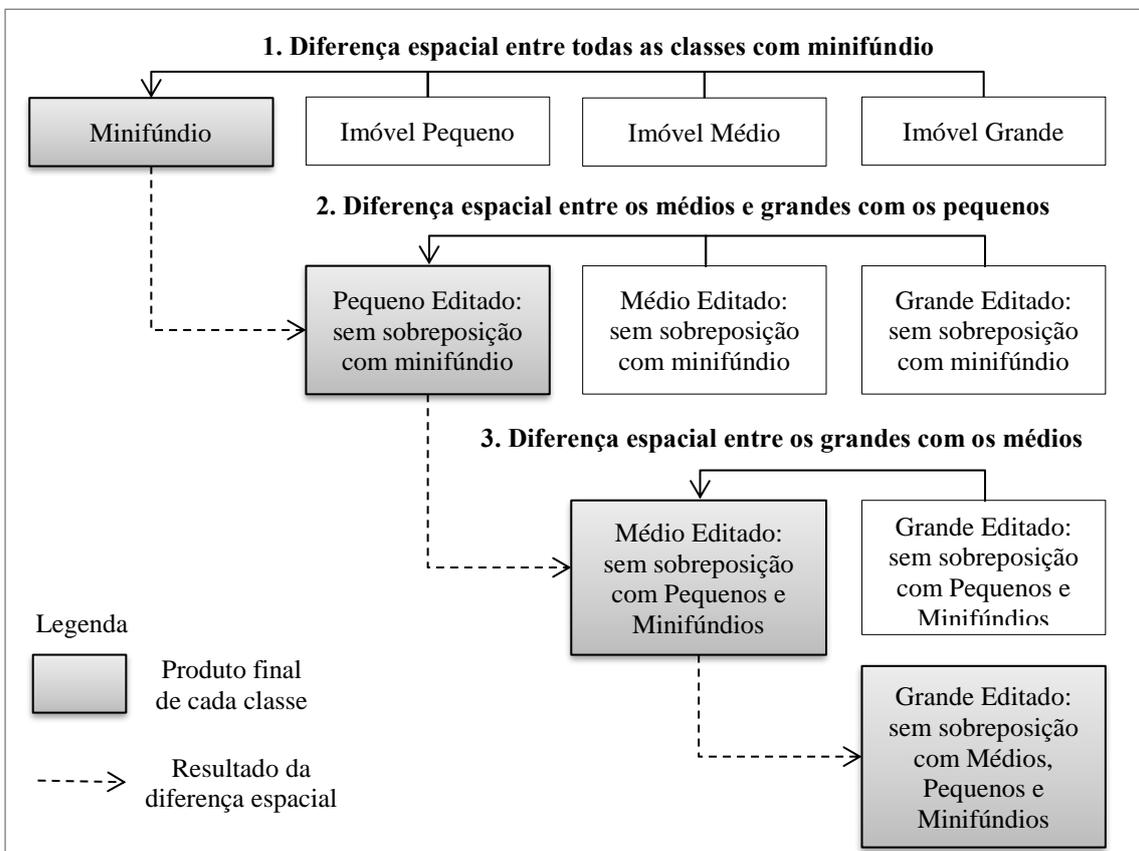
*Para simplificação, o presente trabalho adotou a medida de 1 Módulo Fiscal para a classificação dos minifúndios, porém, após as alterações previstas na Lei nº 13.465 de 2017, legalmente são considerados minifúndios imóveis com área inferior à Fração Mínima de Parcelamento municipal.

Fonte: Adaptado de MAPA (2020).

4) Remoção de sobreposição interclasse

A sobreposição interclasse consiste em polígonos de classes distintas de imóveis rurais que se sobrepõem (por exemplo, uma área de interseção/sobreposição entre um imóvel da classe pequeno com um imóvel da classe grande). A remoção da sobreposição interclasse se dá por meio da diferença espacial entre as 4 classes de imóveis rurais (Minifúndio, Pequeno, Médio e Grande), na qual os minifúndios mantêm-se inalterados e são considerados como base para a remoção de sobreposição hierárquica entre as demais classes de imóveis (Figura 3.9 e Figura 3.10).

Figura 3.9 - Diagrama dos procedimentos de remoção de sobreposição interclasse.



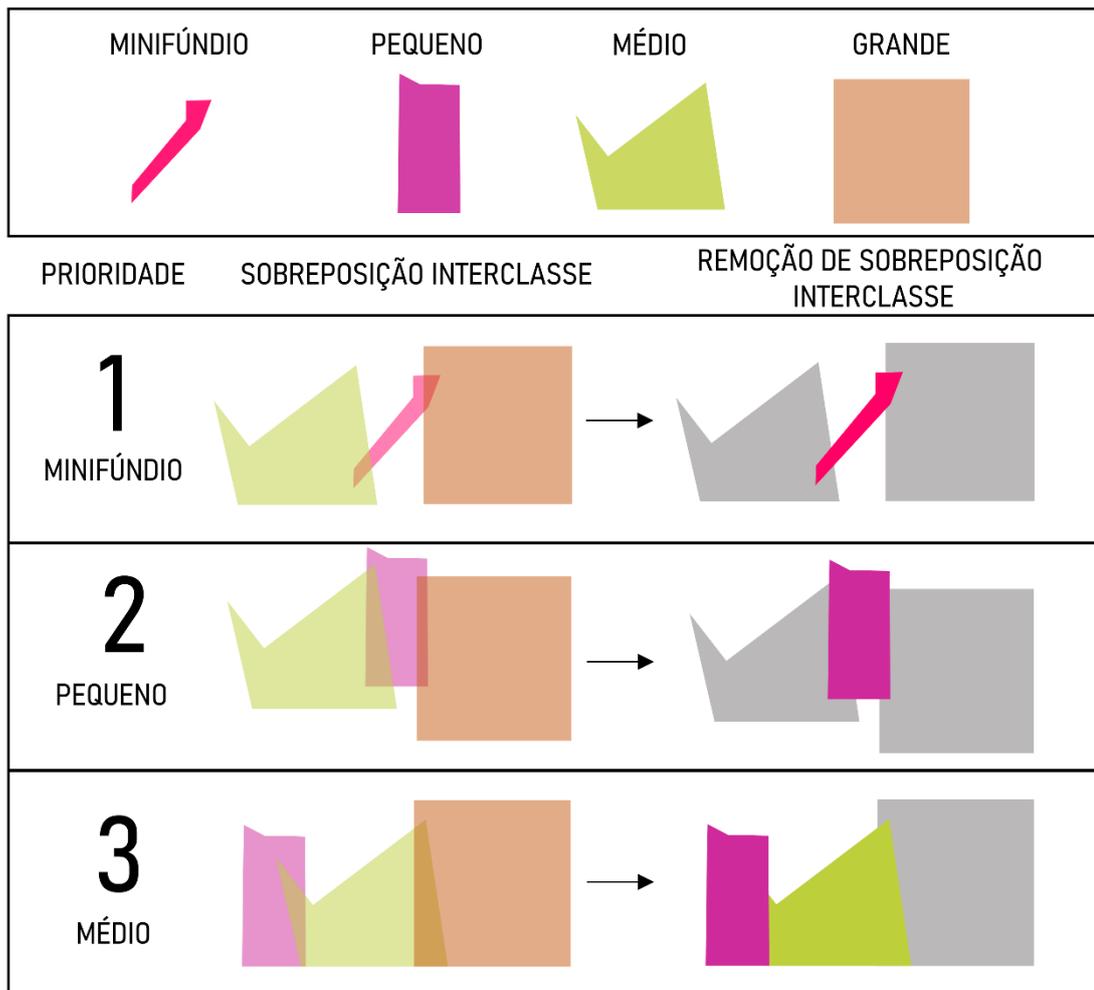
Descrição: Representa a sequência dos procedimentos de remoção interclasse por meio das operações de diferença espacial hierárquica entre as diferentes classes de imóveis, priorizando-se os de menor tamanho.

Fonte: Produção da autora.

A lógica de remoção de sobreposição interclasse hierárquica gera modificação nos limites dos polígonos dos imóveis, uma vez que a área sobreposta entre classes distintas de imóveis é atribuída apenas a uma das classes envolvidas na sobreposição, a partir de uma hierarquia pré-estabelecida, resumida em 3 níveis:

- Nível 1 – Minifúndio: caso os minifúndios sejam sobrepostos por imóveis pequenos, médios ou grandes, a área de interseção entre eles é mantida integralmente nos minifúndios e removida dos polígonos das demais classes (Figura 3.10 – Prioridade 1);
- Nível 2 - Pequeno: após passar por edições de Nível 1, caso os pequenos sejam sobrepostos por imóveis médios ou grandes, a área de interseção entre eles é mantida nos imóveis pequenos e removida dos polígonos dos imóveis médios e grandes (Figura 3.10 – Prioridade 2);
- Nível 3 - Médio: após passar por edições de nível 1 e 2, caso os médios ainda estejam sobrepostos por imóveis grandes, a área de interseção entre eles é mantida no imóvel médio e removida dos polígonos dos imóveis grandes (Figura 3.10 – Prioridade 3).

Figura 3.10 - Exemplo de edições de remoção de sobreposição interclasse.



Fonte: Produção da autora.

A escolha pela manutenção da classe “Minifúndio” como referência se deu considerando o objeto de estudo do presente trabalho, para o qual os pequenos imóveis têm destaque nas atividades de AUP. O caminho inverso, que seria realizar a diferença espacial entre os grandes imóveis até chegar aos minifúndios, privilegiaria a manutenção dos maiores, o que possivelmente acarretaria na exclusão de muitas áreas dos minifúndios e pequenos imóveis.

5) *Remoção dos imóveis descaracterizados*

Imóveis descaracterizados são aqueles que, após passarem pela remoção de sobreposição interclasse, tiveram perda de área e foram descaracterizados quanto ao intervalo de tamanho de imóveis originais (Tabela 3.4 - Classificação dos imóveis por tamanho, em módulos fiscais.). Por exemplo, se o imóvel de um município cujo módulo fiscal é de 12 hectares - previamente classificado como médio (de 4 a 15 módulos fiscais) - ficar com área inferior a 48 hectares, esse imóvel seria considerado como descaracterizado em relação à sua classe original de tamanho. Sendo assim, após os procedimentos de remoção interclasse, faz-se o cálculo da área dos polígonos para verificar se o imóvel mantém o tamanho mínimo necessário para estar na classe em que se encontra, caso contrário opta-se pela sua remoção.

Síntese das edições

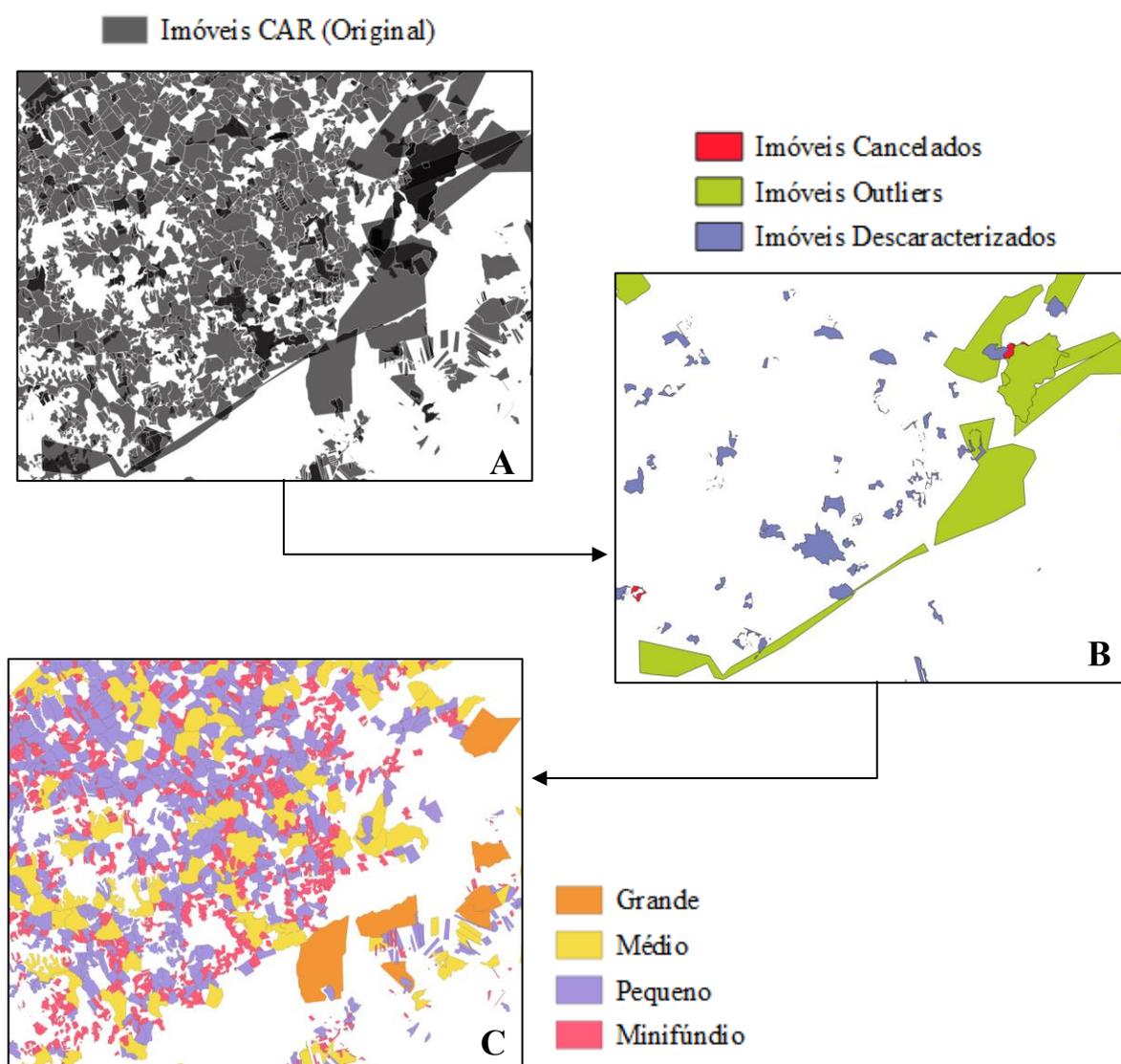
Um exemplo comparativo entre antes e depois dos procedimentos de edição do CAR pode ser encontrado na Figura 3.11. A Figura 3.11-A apresenta os problemas de sobreposição encontrados no dado original do CAR. Nessa figura a sobreposição de polígonos pode ser observada a partir da intensidade do nível de cinza, a Figura 3.11-B destaca os imóveis que foram removidos após os procedimentos de edição de acordo com o motivo de remoção (cancelados, outliers ou imóveis descaracterizados após remoção de sobreposição interclasse) e a Figura 3.11-C apresenta os imóveis CAR após os procedimentos de edição, já com remoção de sobreposição e classificados por tamanho.

Ao fim das 5 etapas de limpeza e remoção de sobreposição dos dados do CAR, o que se obtém é uma base de imóveis sem sobreposição entre as 4 classes de tamanho de imóveis para todos os municípios da RMVPLN (Figura 3.12). Para o objetivo do trabalho a classificação pelo tamanho é mais importante do que a preservação do formato original e individual dos imóveis. Ainda que haja dois imóveis de uma determinada classe de tamanho sobrepostos, a informação mais importante é a de que existe um indicativo de imóveis rurais desta classe em uma dada área. O procedimento adotado para eliminar a sobreposição nesta pesquisa foi a conversão do dado vetorial em *raster*. Nesse processo o valor nulo, também chamado de *No Data*, é atribuído

para as áreas em que não há presença de CAR, o que facilita o procedimento de integração de dados no espaço celular especificado no Item 3.3.2.

Figura 3.12). Este exemplo não contempla a sobreposição a intraclasses, em que os polígonos de mesma classe apresentam áreas sobrepostas como, por exemplo, dois imóveis médios.

Figura 3.11 - Exemplo comparativo entre o dado original do CAR (A), os imóveis removidos (B) e o resultado após os procedimentos de edição (C).

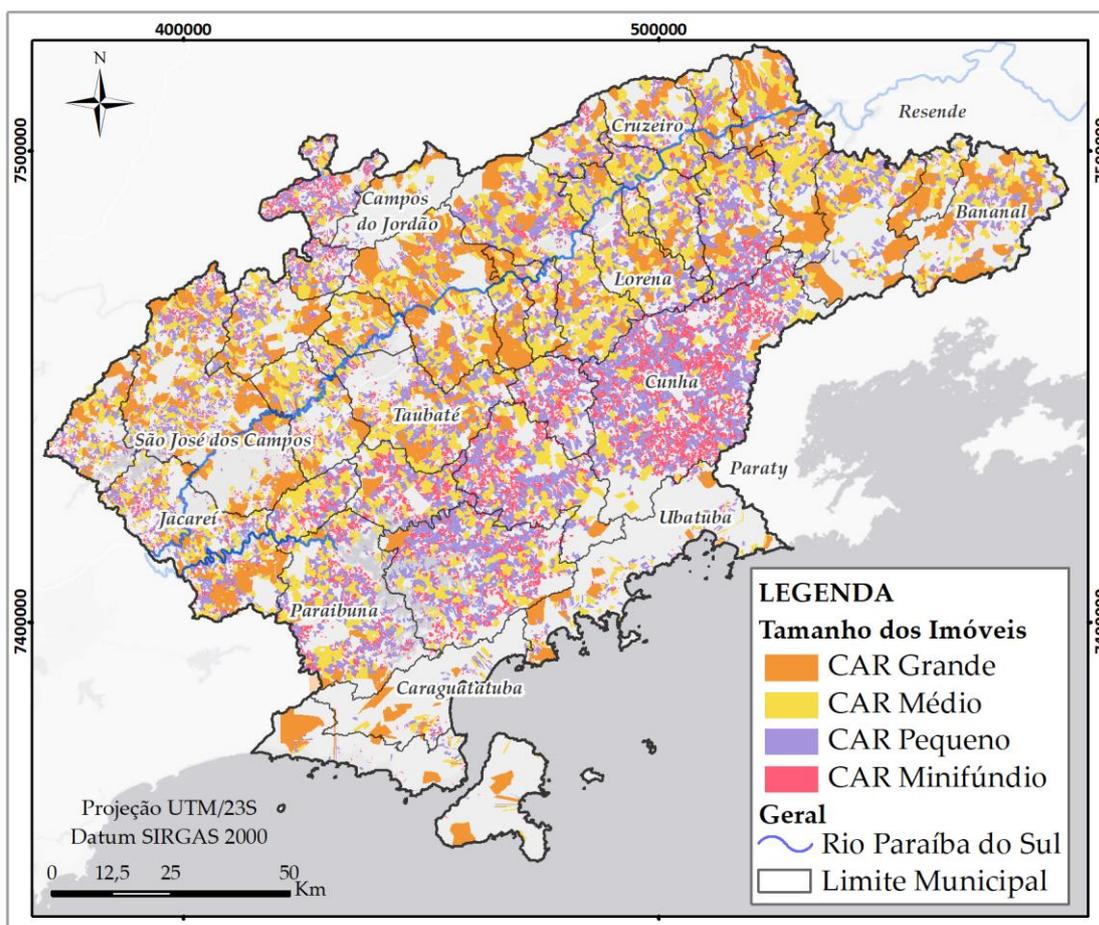


Fonte: Produção da autora.

Para o objetivo do trabalho a classificação pelo tamanho é mais importante do que a preservação do formato original e individual dos imóveis. Ainda que haja dois imóveis de uma determinada

classe de tamanho sobrepostos, a informação mais importante é a de que existe um indicativo de imóveis rurais desta classe em uma dada área. O procedimento adotado para eliminar a sobreposição nesta pesquisa foi a conversão do dado vetorial em *raster*²⁵. Nesse processo o valor nulo, também chamado de *No Data*, é atribuído para as áreas em que não há presença de CAR, o que facilita o procedimento de integração de dados no espaço celular especificado no Item 3.3.2.

Figura 3.12 – Distribuição espacial dos imóveis CAR classificados por tamanho e pós procedimentos de edição de sobreposição.



Fonte: Produção da autora.

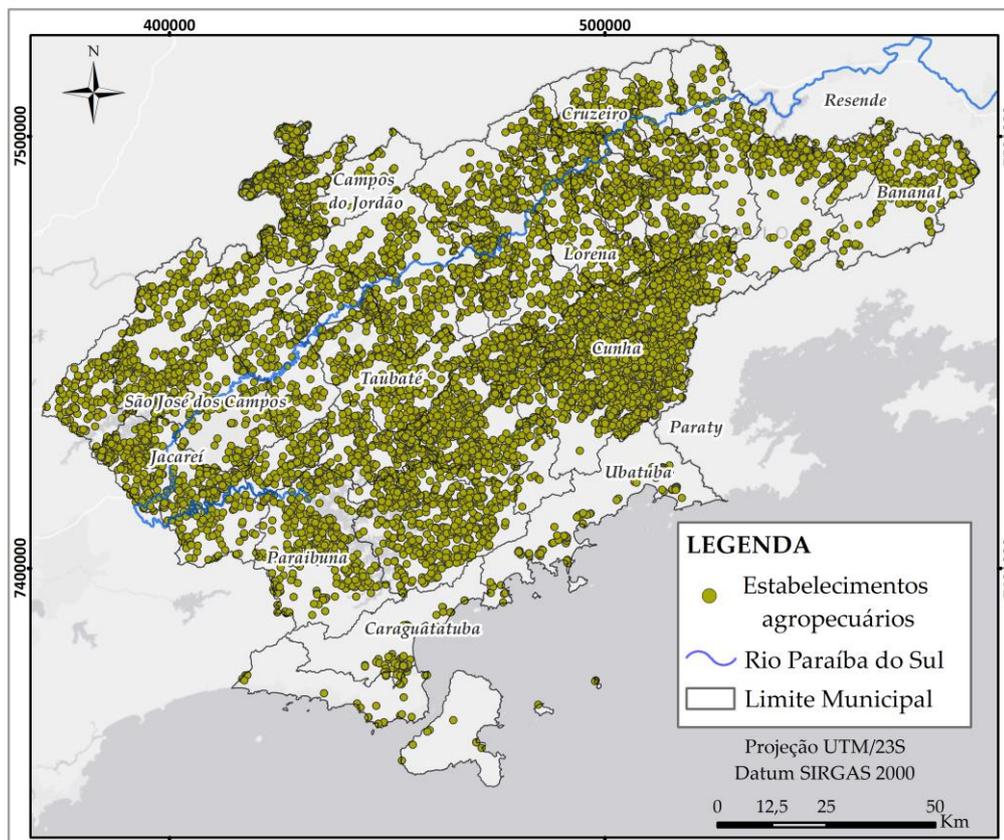
Finalmente, pode ser encontrado no Apêndice A o resumo do diagnóstico a respeito da redução do percentual de sobreposição por município de acordo com cada uma das etapas de edição realizada.

²⁵ Os polígonos foram convertidos em um *raster* de resolução 10m x 10m a partir da informação da classe de tamanho do imóvel. Esta operação faz com que cada *pixel* receba apenas a informação do tamanho da classe.

3.3.1.3 CNEFE do Censo Agropecuário

As informações de localização dos estabelecimentos agropecuários do Censo Agropecuário de 2017 são disponibilizadas pelo IBGE em uma tabela em formato CSV com as coordenadas geográficas dos estabelecimentos a nível municipal e estadual. A tabela do estado de São Paulo foi transformada em uma camada vetorial de pontos, selecionando-se apenas os pontos da RMVPLN, e reprojeta para UTM/23S Datum SIRGAS 2000. A Figura 3.13 representa o mapa com a distribuição espacial dos 10.003 estabelecimentos agropecuários para a RMVPLN.

Figura 3.13 - Distribuição espacial dos estabelecimentos agropecuários da RMVPLN - SP.



Fonte: Produção da autora.

3.3.1.4 Uso e cobertura da terra – Mapbiomas coleção 06

O dado de uso e cobertura da terra da coleção 6 foi baixado para o bioma Mata Atlântica por meio da plataforma *Google Earth Engine* para o ano de 2017 e posteriormente recortado para RMVPLN. O ano 2017 foi escolhido para coincidir com o ano dos dados do CNEFE do Censo Agropecuário.

A reclassificação das classes de uso e cobertura (Tabela 3.5) foi realizada a fim de reduzir a quantidade de variáveis e utilizar as de maior interesse para o objeto de estudo da pesquisa. A Figura 3.14 apresenta a distribuição espacial das classes reagrupadas. A tabela com a descrição das classes utilizadas na metodologia encontra-se no Item 3.3.2.1 (Integração de dados no espaço celular).

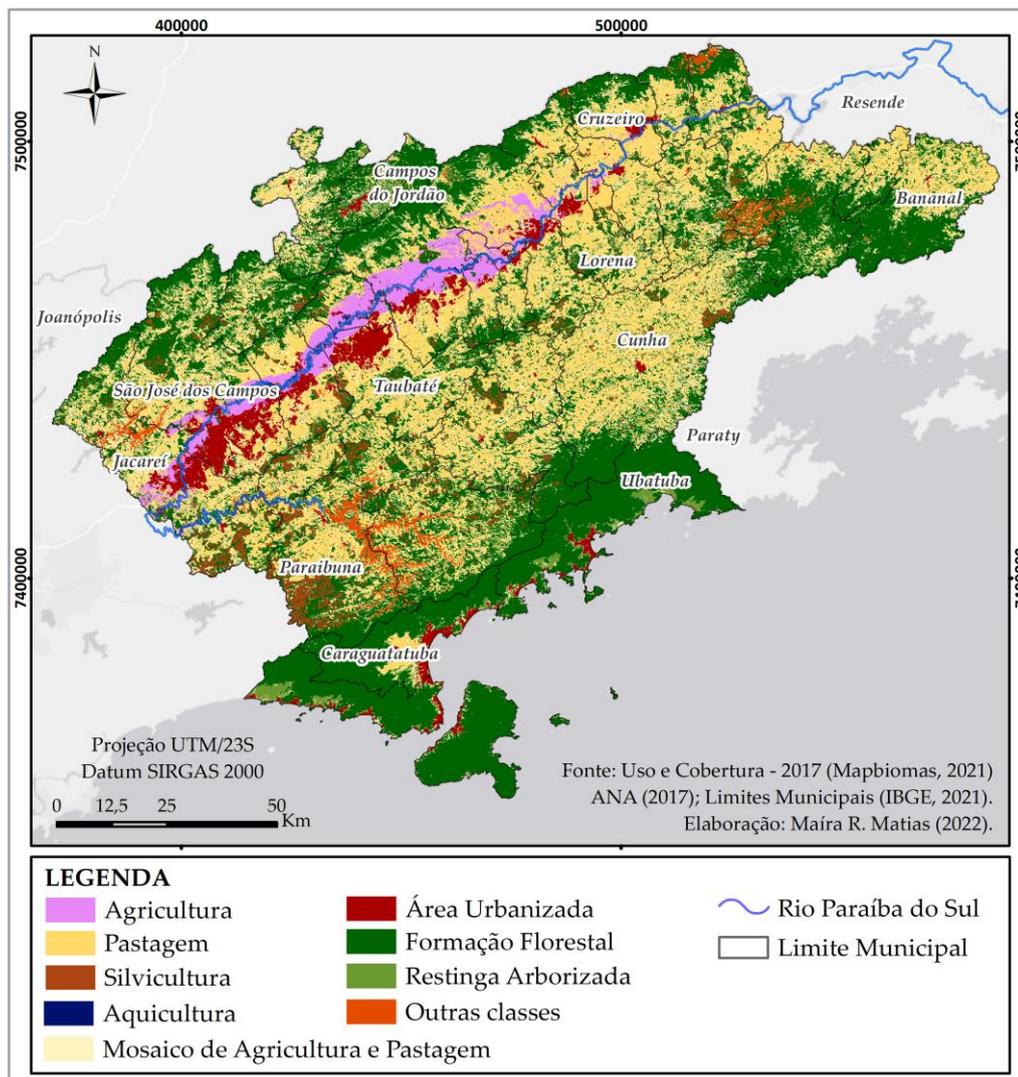
A alternativa ao dado do Mapbiomas, também disponível para todo o território nacional, seria a utilização do dado de Cobertura e Uso da Terra do IBGE, disponibilizado em grade de 1km x 1km a cada dois anos. Entretanto, optou-se pelo uso do dado do Mapbiomas dada sua característica de maior desagregação da informação (30m x 30m).

Tabela 3.5 - Reclassificação das classes de uso e cobertura.

Reclassificação	Classes de uso e cobertura agrupadas	% Área
Agricultura	Outras Lavouras Temporárias, Café, Citrus, Cana, Soja e Outras Lavouras Perenes	3,8
Mosaico de Agricultura e Pastagem	Mosaico de Agricultura e Pastagem	13,3
Pastagem	Pastagem	30,1
Silvicultura	Silvicultura	3,2
Aquicultura	Aquicultura	0,1
Área Urbanizada	Área Urbanizada	3,9
Restinga Arborizada	Restinga Arborizada	0,8
Formação Florestal	Formação Florestal	42,5
Outras Classes	Mangue; Campo Alagado e Área Pantanosa; Praia, Duna e Areal; Outras Áreas não Vegetadas, Afloramento Rochoso, Rio, Lago e Oceano	2,3

Elaboração: Adaptado de Mapbiomas (2021).

Figura 3.14 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura reagrupadas.



Fonte: Produção da autora.

3.3.2 Etapa 2: Integração de dados no espaço celular e construção da tipologia

A Etapa 2 reúne procedimentos metodológicos para integrar os diferentes tipos de dados da Etapa 1 em um mesmo suporte espacial e a descrição das tipologias dos sistemas de produção encontrados para a RMVPLN.

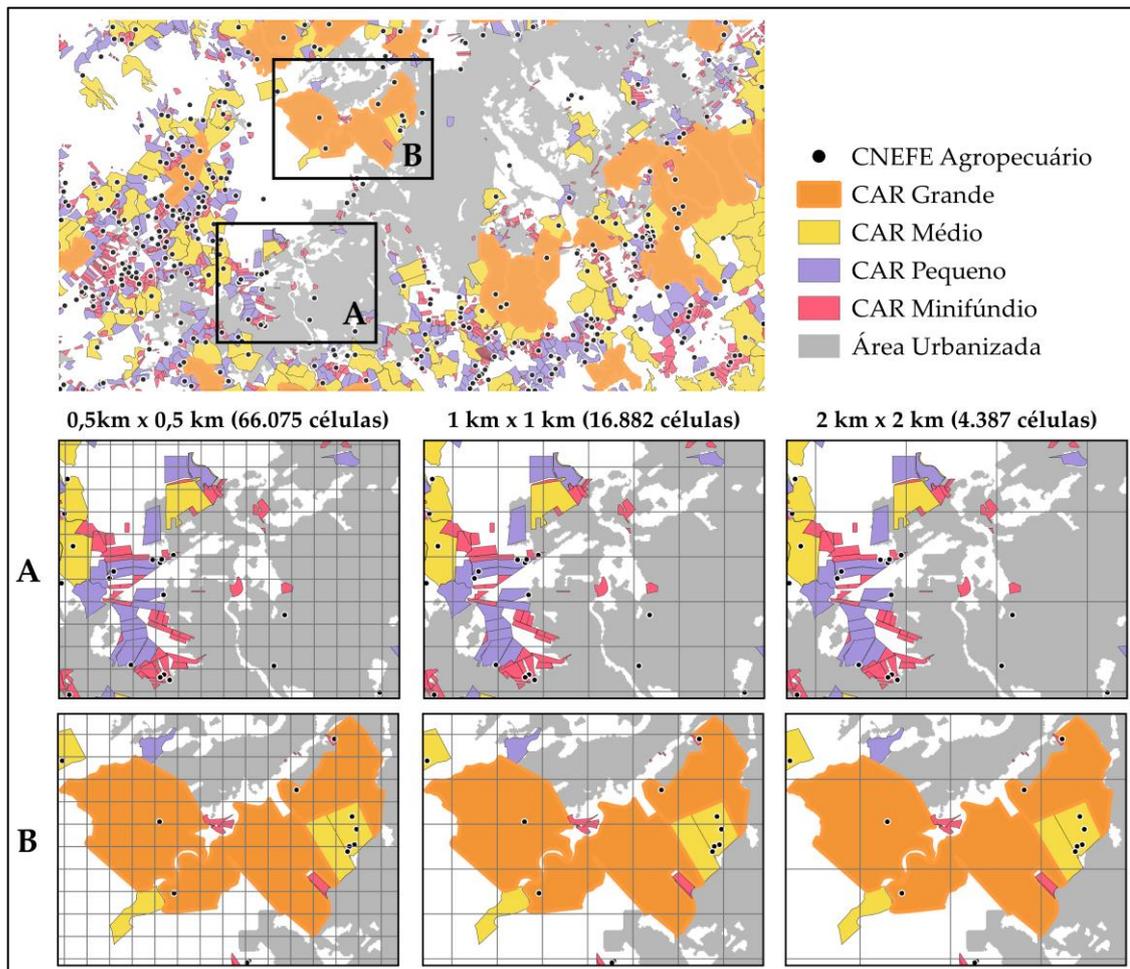
3.3.2.1 Integração de dados no espaço celular

O espaço celular compreende uma base vetorial que tem por objetivo homogeneizar informações provenientes de diferentes fontes e de formatos distintos (dados vetoriais, matriciais e também outros planos celulares), agregando-os em uma mesma base espaço-temporal (AMARAL *et al*, 2012). Como os dados de interesse para a pesquisa possuem distintos

formatos (polígonos, pontos e raster), foi necessário integrá-los numa grade regular criada a partir do *software* TerraView 5.6.3 (INPE, 2021).

Diferentes tamanhos de células foram testados, levando-se em consideração o dado dos imóveis CAR classificados por tamanho e a localização dos estabelecimentos agropecuários. Com o intuito de captar as diferentes configurações espaciais existentes, optou-se por 2km para a resolução da grade (Figura 3.15). Tal escolha se deu porque a classificação dos sistemas de produção foi feita para toda a extensão da RMVPLN, sendo assim, foi necessário escolher um tamanho celular que contemplasse tanto os sistemas menores quanto os maiores, sem descaracterizá-los.

Figura 3.15 - Exemplo do espaço celular com diferentes resoluções (0,5 km, 1km e 2km).



Fonte: Produção da autora.

O preenchimento de atributos na célula foi realizado por meio dos seguintes operadores estatísticos:

- *Percent of each class by área* (percentual de cada classe pela área): representa o percentual que cada classe ocupa em relação a área total da célula (4km²). Foi utilizado para os polígonos reagrupados da Malha Censitária (vetorial); para o dado de uso e cobertura reclassificado (matricial) e para as classes de imóveis do CAR por tamanho (matricial). Especificamente para o dado do CAR, que frequentemente apresenta lacunas²⁶ dentro das células, os valores nulos também foram considerados na

²⁶ Diferentemente dos outros dados, em que a somatória do percentual das classes dentro da área da célula corresponde a 100%, o dado do CAR com a informação do tamanho dos imóveis, na maior parte dos casos, não completa totalmente a área da célula. Sendo assim, o valor nulo (*No Data*) foi considerado no preenchimento para que a somatória entre o percentual da classe de imóvel e o percentual de valor nulo correspondesse a 100%.

quantificação do percentual das classes e posteriormente desconsiderados para fins de classificação.

- *Total number of values* (número total de valores): representa a quantidade total de feições presentes em cada célula. Esse operador foi utilizado para o preenchimento dos pontos referentes aos estabelecimentos agropecuários (CNEFE).

Após o preenchimento de atributos nas células foi feita a retirada das colunas com o percentual das classes que não atendiam ao propósito da pesquisa, tais como “Massa D’água” da malha de setores censitários e “Outras Classes” da reclassificação do dado do Mapbiomas. A **Tabela 3.6** contém a descrição e justificativa para a utilização das demais classes na identificação dos sistemas produtivos da RMVPLN.

Tabela 3.6 - Descrição das variáveis preenchidas no espaço celular e justificativa para identificação de sistemas produtivos.

Descrição das variáveis		
Variável	Definição	Justificativa para a identificação de sistemas produtivos
% Setores Censitários Urbanos	Percentual da área ocupada por setores censitários classificados como Urbanos (situação do setor = 1)	Localização - Urbano
% Setores Censitários Periurbanos	Percentual da área ocupada por setores censitários classificados como Periurbanos (situação do setor = 2, 3 e/ou 5)	Localização - Periurbano
% Setores Censitários Rurais	Percentual da área ocupada por setores censitários classificados como Rurais (situação do setor = 6, 7 e/ou 8)	Localização - Rural
% Imóveis CAR - Minifúndios	Percentual da área ocupada por imóveis do Cadastro Ambiental Rural (CAR) classificados como Minifúndios (módulo fiscal < 1)	Tamanho dos imóveis - Minifúndios
% Imóveis CAR - Pequenos	Percentual da área ocupada por imóveis do Cadastro Ambiental Rural (CAR) classificados como Pequenos (1 a 4 módulos fiscais)	Tamanho dos imóveis - Pequenos Imóveis
% Imóveis CAR - Médios	Percentual da área ocupada por imóveis do Cadastro Ambiental Rural (CAR) classificados como Médios (4 a 15 módulos fiscais)	Tamanho dos imóveis - Médios Imóveis
% Imóveis CAR - Grandes	Percentual da área ocupada por imóveis do Cadastro Ambiental Rural (CAR) classificados como Grandes (> 15 módulos fiscais)	Tamanho dos imóveis - Grandes imóveis
Total de pontos do CNEFE Agropecuário 2017	Total de estabelecimentos agropecuários presentes na célula. Cada ponto do CNEFE Agropecuário corresponde a um estabelecimento agropecuário recenseado no Censo Agropecuário 2017.	Localização, presença e quantidade de estabelecimentos agropecuários

continua

Tabela 3.7 – Conclusão.

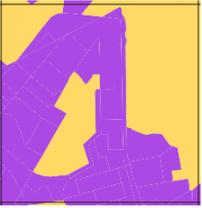
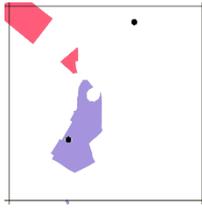
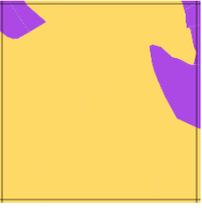
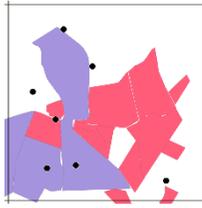
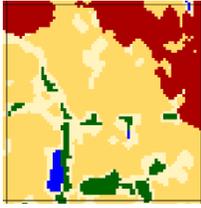
% Agricultura	Percentual da área ocupada pelas classes agrícolas do Mapbiomas Coleção 6 existentes para a RMVPLN (Outras Lavouras Temporárias, Outras Lavouras Perenes, Soja, Cana, Café e Citrus)	Indicador de produção agrícola
% Mosaico de Agricultura e Pastagem	Percentual da área ocupada na célula pela classe Mosaico de Ocupação e Pastagem , que corresponde a "áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura" (MAPBIOMAS, 2022)	Indicador de produção agropecuária e de agricultura de pequena escala
% Pastagem	Percentual da área ocupada pela classe Pastagem , que corresponde "Área de pastagem, predominantemente plantada, vinculada às atividades de produção pecuária" (MAPBIOMAS, 2022)	Indicador de produção pecuária
% Aquicultura	Percentual da área ocupada pela classe Aquicultura Essa classe corresponde a "Lagos artificiais, onde predominam as atividades de aquicultura e/ou produção de sal" (MAPBIOMAS, 2022)	Indicador de produção aquícola
% Silvicultura	Percentual da área ocupada pela classe Silvicultura , que corresponde a "Espécies de árvores plantadas para fins comerciais (por exemplo, Pinus, Eucalyptus, Araucária)" (MAPBIOMAS, 2022)	Indicador de produção silvícola
% Área Urbanizada	Percentual da área ocupada pela classe Área Urbanizada , que corresponde a "Áreas urbanas com predominância de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, rodovias e construções" (MAPBIOMAS, 2022)	Contexto urbano
% Restinga Arborizada	Percentual da área ocupada pela classe Restinga Arborizada , que corresponde a "Formações florestais em solos arenosos na região costeira" (MAPBIOMAS, 2022)	Contexto litorâneo
% Formação Florestal	Percentual da área ocupada pela classe Formação Florestal , que corresponde a "Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista, Semidecídua e Floresta Estacional Decídua e Formação Pioneira" (MAPBIOMAS, 2022)	Maior presença ou ausência de floresta contribui na distinção de alguns sistemas produtivos

Fonte: Produção da autora.

3.3.2.2 Tipologia dos sistemas produtivos

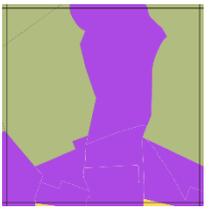
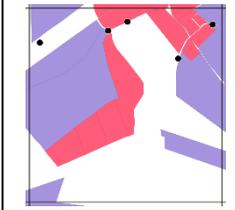
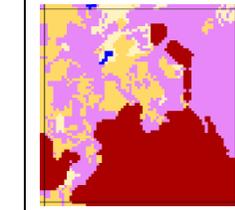
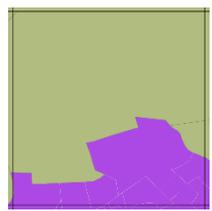
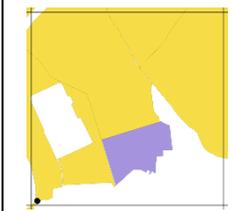
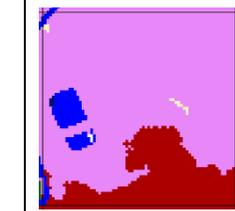
A seguir são apresentados os tipos de potenciais sistemas produtivos encontrados para a área da RMVPLN com exemplos ilustrativos dos padrões espaciais das variáveis utilizadas e uma breve descrição das características de cada tipo (Tabela 3.7). Esta tipologia é a base para a realização da classificação supervisionada descrita no Item 3.3.3.2.

Tabela 3.8 - Tipologia dos sistemas produtivos para a RMVPLN a partir da utilização de dados secundários.

LEGENDA					
Localização (Tipo de setor)		Tamanho dos Imóveis – Presença de estabelecimentos agropecuários		Uso e cobertura da terra	
<ul style="list-style-type: none"> Urbano Periurbano Rural 		<ul style="list-style-type: none"> Estabelecimento agropecuário CAR Grande CAR Médio CAR Pequeno CAR Minifúndio 		<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;"> Área Urbanizada <li style="width: 50%;"> Silvicultura <li style="width: 50%;"> Mosaico de Agricultura e Pastagem <li style="width: 50%;"> Rio, Lago e Oceano <li style="width: 50%;"> Agricultura <li style="width: 50%;"> Aquicultura <li style="width: 50%;"> Pastagem <li style="width: 50%;"> Formação Florestal 	
CLASSES DA TIPOLOGIA	EXEMPLOS			DESCRIÇÃO	
	Localização (tipo de setor)	Tamanho dos Imóveis – Presença de estabelecimentos agropecuários	Uso e cobertura da terra		
1. AGRICULTURA URBANA E PERIURBANA (AUP)				<p>Localização. Situa-se nas áreas urbanas densamente edificadas, cujo entorno imediato é de baixa densidade. Predominam setores urbanos e periurbanos.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Varia de acordo com a localização, em áreas urbanas ou periurbanas. Predominam minifúndios e pequenos imóveis rurais. Nas áreas periurbanas o tamanho pode variar.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários não é muito elevada, por se localizar em área urbanizada. Quando localizada em áreas periurbanas, apresenta maior densidade de estabelecimentos agropecuários.</p> <p>Uso e cobertura da terra. Situa-se principalmente nas classes: “Área Urbanizada”; “Mosaico de Agricultura e Pastagem”, “Agricultura” e “Pastagem”. Apresenta poucos ou nenhum fragmento florestal.</p>	
					

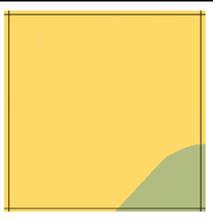
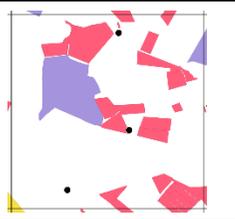
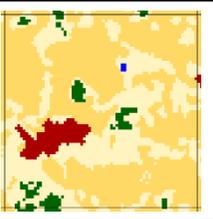
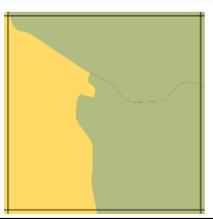
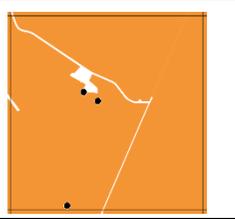
continua

Tabela 3.9 – Continuação.

<p>2.AGRICULTURA DE FRANJA URBANA RURAL (AUR 1)</p>				<p>Localização. Situa-se entre os setores urbanos e rurais. Localiza-se próxima às áreas urbanas mais afastadas do tecido urbano central, com menor densidade de edificações. Os setores urbanos e rurais predominam.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Os minifúndios e pequenos imóveis rurais são predominantes.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários é elevada, podendo variar a proporção entre minifúndios e pequenos imóveis presentes na área. A quantidade de estabelecimentos varia também com a proporção de área dos setores rurais presente na célula.</p> <p>Uso e cobertura da terra. Situa-se principalmente nas classes “Pastagem”, “Agricultura”, “Mosaico de Agricultura e Pastagem” e “Área Urbanizada”.</p>
<p>3. AGRICULTURA DE FRANJA URBANA RURAL (AUR 2)</p>				<p>Localização. Situa-se entre as áreas urbanas e as áreas rurais. Localiza-se próxima às áreas urbanas mais afastadas do tecido urbano central, com menor densidade de edificações. Os setores urbanos e rurais são predominantes.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Médios e grandes imóveis rurais são predominantes.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula é baixa. Presença de médios e grandes imóveis rurais que ocupam uma grande proporção da área da célula.</p> <p>Uso e cobertura da terra. Situa-se principalmente nas classes “Agricultura”, “Pastagem”, “Mosaico de Agricultura e Pastagem” e “Área Urbanizada”.</p>

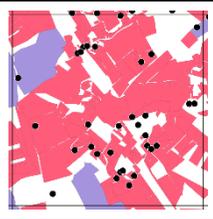
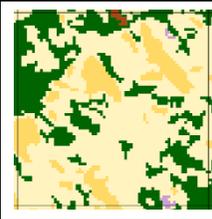
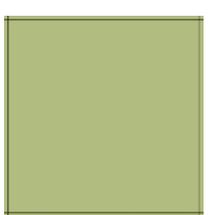
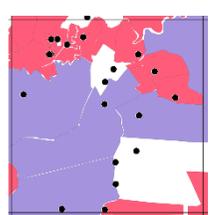
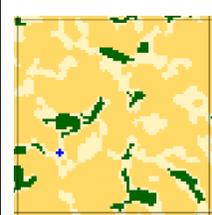
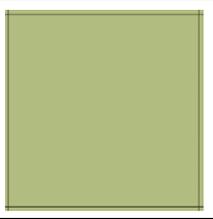
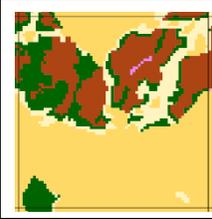
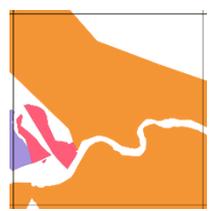
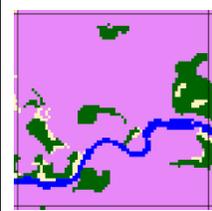
continua

Tabela 3.10 – Continuação.

<p>4.AGRICULTURA DE FRANJA PERIURBANA RURAL (APR1)</p>				<p>Localização. Situa-se entre as áreas periurbanas e as rurais. Corresponde à franja mais distante do tecido urbano central. São áreas com menor concentração de edificações em que os setores periurbanos e rurais são predominantes.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Os minifúndios e pequenos imóveis rurais são predominantes.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula é elevada. No geral, quanto maior a presença de minifúndios e pequenos imóveis, maior a quantidade de estabelecimentos.</p> <p>Uso e cobertura da terra Situa-se principalmente nas classes “Pastagem”, e “Mosaico de Agricultura e Pastagem” e “Agricultura”. A classe “Área Urbanizada” pode estar presente, mas não é a classe predominante, sua proporção de área varia.</p>
<p>5.AGRICULTURA DE FRANJA PERIURBANA RURAL (APR2)</p>				<p>Localização. Situa-se entre as áreas periurbanas e as áreas rurais. Corresponde à franja mais distante do tecido urbano central. São áreas com menor concentração de edificações em que os setores periurbanos e rurais são predominantes.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Médios e grandes imóveis rurais são predominantes.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula é baixa ou inexistente, uma vez que a presença de médios e grandes imóveis rurais tende a concentrar poucos imóveis em uma única célula.</p> <p>Uso e cobertura da terra. Situa-se principalmente nas classes “Agricultura”, “Pastagem”, “Mosaico de Agricultura e Pastagem”. A classe “Silvicultura” pode estar presente, mas é menos expressiva.</p>

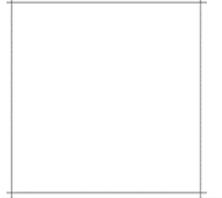
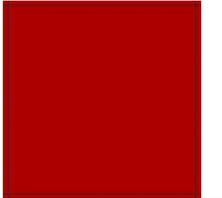
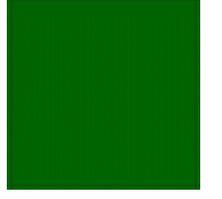
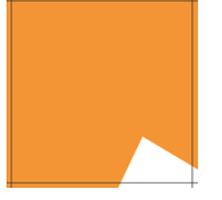
continua

Tabela 3.11 – Continuação.

<p>6.AGRICULTURA E PASTAGEM RURAL (AR1)</p>				<p>Localização. Situa-se nas áreas rurais. Corresponde às áreas de menor concentração de edificações em que os setores rurais são predominantes.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Os minifúndios e pequenos imóveis rurais são predominantes.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula é elevada. No geral, quanto maior a presença de minifúndios e pequenos imóveis, maior a quantidade de estabelecimentos.</p> <p>Uso e cobertura da terra. Situa-se principalmente nas classes “Mosaico de Agricultura e Pastagem” e “Pastagem”. A classe “Silvicultura” também se faz presente, porém é menos expressiva.</p>
				
<p>7.AGRICULTURA E PASTAGEM RURAL (AR2)</p>				<p>Localização. Situa-se nas áreas rurais. Corresponde às áreas de menor concentração de edificações em que os setores rurais são predominantes.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Médios e grandes imóveis rurais são predominantes.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. A quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula é baixa ou inexistente, uma vez que a presença de médios e grandes imóveis rurais tende a concentrar poucos imóveis em uma única célula.</p> <p>Uso e cobertura da terra. Situa-se principalmente nas classes “Pastagem”, “Agricultura” e “Silvicultura”. A classe “Mosaico de Agricultura e Pastagem” também se faz presente, porém é menos expressiva.</p>
				

continua

Tabela 3.12 – Conclusão.

<p>8. ÁREA URBANA (AU)</p>				<p>Localização. Situa-se nas áreas urbanas densamente edificadas. Predominam os setores urbanos.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Não há presença de imóveis rurais.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. Não há presença de estabelecimentos agropecuários.</p> <p>Uso e cobertura da terra. A classe “Área Urbanizada” é predominante na célula.</p>
<p>9. FLORESTA (F)</p>				<p>Localização. Situa-se nas áreas rurais constituída por formação florestal. Predominam os setores rurais.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Não há presença de imóveis rurais.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. Não há presença de estabelecimentos agropecuários.</p> <p>Uso e cobertura da terra. A classe “Floresta” é predominante na célula.</p>
<p>10. FLORESTA COM IMÓVEL RURAL (FCAR)</p>				<p>Localização. Situa-se nas áreas rurais constituída por formação florestal. Predominam os setores rurais.</p> <p>Tamanho dos estabelecimentos. Médios e grandes imóveis rurais são predominantes, mas é possível encontrar pequenos imóveis, porém com menor frequência.</p> <p>Estabelecimentos agropecuários. Não há presença de estabelecimentos agropecuários.</p> <p>Uso e cobertura da terra. A classe “Floresta” é predominante na célula.</p>

Tipologia desenvolvida com base nos dados dos estabelecimentos agropecuários do CNEFE (IBGE), no tipo de situação dos setores censitários (IBGE), dados reclassificados de uso e cobertura da terra (Mapbiomas – Coleção 6) e dados do CAR (SFB), este último baseado nas categorias de tamanho de imóveis estabelecidas pelo INCRA.

Fonte: Produção da autora.

3.3.3 Etapa 3: classificação

A Etapa 3 reúne estratégias de classificação (não supervisionada e supervisionada) das células da RMVPLN que foram devidamente preenchidas com as variáveis descritas na Tabela 3.6. Apresenta também estratégias para avaliar os resultados obtidos.

Os métodos de classificação oferecem duas abordagens distintas de análise, mas que partem dos mesmos princípios: a utilização de métodos mais simples de execução que apresentem bons desempenhos, mencionados na literatura e; a possibilidade de implementação em softwares livres, permitindo replicabilidade.

Sendo assim, após realizar uma análise preliminar do conjunto de dados, para a abordagem não supervisionada a partir da análise de agrupamentos foi escolhido o método K-Medoids (ROUSSEEUW, 1987; KAUFMAN; ROUSSEEUW, 1990) implementado no software R. Para a abordagem supervisionada foi escolhido o método de classificação por árvore de decisão (QUINLAN, 1992; QUINLAN, 1996), implementado por Korting (2013) no *plugin GeoDMA*²⁷ – *Geographic Data Mining Analyst*, um complemento do software TerraView²⁸, disponibilizado para a aplicação de técnicas de mineração de dados.

3.3.3.1 Análise de agrupamentos – K-Medoids

Neste trabalho foi utilizado o algoritmo *k-medoid Partitioning Around Medoids* (PAM) (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 1990), um método de particionamento mais adequado para se trabalhar com conjunto de dados que apresentam ruídos e *outliers*, encontrados durante a análise exploratória dos dados para a RMVPLN.

Nos métodos de particionamento, em que o usuário especifica previamente o número de k grupos a serem formados, buscam-se objetos representativos para caracterizar cada um dos grupos formados. O processo pelo qual esses objetos representativos são encontrados

²⁷ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *GeoDMA - Geographic Data Mining Analyst*. Disponível para download em: <<http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=geodma>>. Acesso: jul/2022.

²⁸ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. TerraView. Disponível para *download* em: <<http://www.dpi.inpe.br/terralib5/wiki/doku.php?id=wiki:downloads>>. Acesso: jul/2022.

é um dos diferenciais entre o algoritmo K-Medoids e o K-Médias (MACQUEEN, 1967) (um dos métodos mais conhecidos e empregados).

No K-Medoids o ponto mais central do agrupamento é representado por um dos objetos do conjunto de dados, também chamado de medóide. O medóide corresponde a um objeto dentro de um agrupamento para o qual a diferença média entre os atributos dele e de outros membros dos grupos é mínima. No PAM, cada observação do conjunto de dados é atribuída ao medóide mais próximo e uma função que computa a soma das dissimilaridades de todos os objetos ao seu medóide mais próximo é realizada. Após isso, o algoritmo vai alternando o medóide e recalculando o coeficiente de dissimilaridade médio até que sejam encontrados os medóides mais representativos, ou seja, aqueles que apresentam a menor soma das dissimilaridades entre o medóide e as demais observações do agrupamento. No K-Médias, por exemplo, o centro de agrupamento representa a média de todas as observações do grupo formado. Ao fazer uso das médias para a atualização dos centróides, quando se tem ruídos e *outliers* no conjunto de dados, tais centróides são afetados, podendo não caracterizar corretamente o aglomerado. Desta forma, o k-medoids foi escolhido como uma alternativa mais robusta ao k-médias, porque usa medóides como centros de agrupamentos em vez de médias.

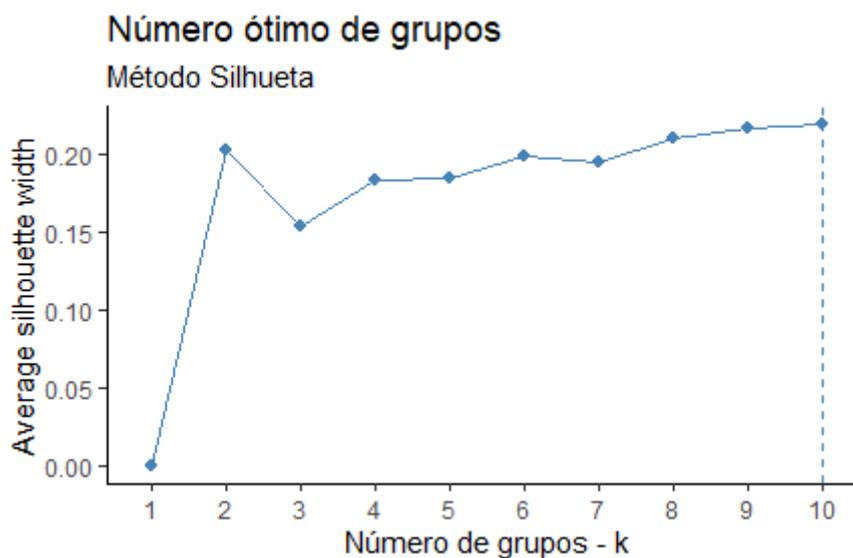
A execução do algoritmo PAM no software R foi realizada com base em Kassambara (2017), que disponibiliza a teoria, os pacotes e as funções necessárias do R para realizar diferentes tipos de análises de agrupamento. As etapas realizadas consistiram em:

- **Padronização das variáveis:** procedimento recomendado para quando as variáveis são medidas em escalas diferentes a fim de torná-las comparáveis antes de medir as dissemelhanças entre as observações. A função *scale* consiste em transformar as variáveis de modo que elas tenham média 0 e desvio padrão 1. Esse procedimento foi necessário porque uma das variáveis (Total CNEFE) não estava na mesma escala que as demais variáveis (Percentual).
- **Calcular o número ótimo de k-grupos:** procedimento recomendado para auxiliar na decisão do número de grupos. O método da Silhueta (ROUSSEUEW, 1987; KAUFMAN e ROUSSEUW, 1990) foi utilizado dentre as abordagens existentes. A análise de silhueta estima a distância média entre aglomerados, mostrando quão próximo cada ponto de um aglomerado está de pontos dos

aglomerados vizinhos, e mede a qualidade dos agrupamentos. Basicamente ele calcula a silhueta média das observações para diferentes valores de k . O número de k grupos que tiver o valor máximo da silhueta é considerado como o número apropriado de agrupamentos. Este número pode ser estimado usando a função `fviz_nbclust` [no pacote R `fatoextra`] (KASSAMBARA, 2017).

O gráfico da Figura 3.16 sugere o valor de 10 grupos. Apesar disso, neste trabalho foi adotado o número 9 para formar os agrupamentos, considerando a pouca diferença entre os valores da silhueta média e uma avaliação preliminar dos resultados para 9 e 10 grupos. Hair *et al.* (2009) indicam que apesar de métodos estatísticos auxiliarem na decisão dos grupos, a decisão do analista após avaliar o conjunto de dados é importante.

Figura 3.16 - Gráfico de silhueta – Estimar o número ótimo de grupos.



Fonte: Produção da autora.

- **Calcular o algoritmo PAM:** o algoritmo PAM particiona os dados, atribuindo cada observação ao seu medóide mais próximo, formando os grupos. Foi utilizada a função R `pam()` [pacote `cluster`] para calcular o algoritmo PAM com os seguintes parâmetros: $k = 9$ e métrica de distância euclidiana para o cálculo da matriz de distância.
- **Visualizar e validar os resultados:** os resultados do PAM podem ser visualizados por meio da função R `fviz_cluster()` [pacote `fatoextra`] e a validação

por meio do método da função `fviz_silhouette()` [pacote `fatoextra`], com o método da Silhueta. Segue a mesma lógica do método da silhueta utilizado para estimar o número ótimo de grupos, só que o valor da silhueta é calculado para cada uma das observações, para cada um dos grupos e para o valor da silhueta média de todos os grupos. Uma interpretação para a largura da silhueta pode ser resumida em: observações com valores altos (quase 1) estão muito bem agrupadas; observações com valores próximos a 0 significa que se encontram entre dois grupos ou mais; observações com valores negativos provavelmente foram alocadas no grupo errado (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 1990; KASSAMBARA, 2017).

3.3.3.2 Classificação por árvore de decisão – algoritmo C5

Para a etapa de classificação dos sistemas produtivos da RMVPLN de acordo com a tipologia proposta no Item 3.3.2.2, foi utilizado o algoritmo supervisionado de árvore de decisão C5, versão mais atualizada do algoritmo proposto por Quinlan (1992). A classificação foi feita através do aplicativo GeoDMA 2.0.3.

As variáveis utilizadas e sua descrição encontram-se na Tabela 3.6, com exceção da classe “Aqüicultura”, retirada devido sua pouca predominância na área de estudo e pouca contribuição para a classificação final. Para a etapa de treinamento do classificador foram selecionadas 340 amostras (Tabela 3.8) dentre o total de 4387 células da área de estudo.

Tabela 3.13 - Resumo da amostragem para a classificação por árvore de decisão. Número e proporção de amostras de treinamento e teste.

Resumo da amostragem					
Classe	Total por classe	Treinamento	% Treinamento	Teste	% Teste
AUP	20	16	0,80	4	0,20
AUR1	20	12	0,60	8	0,40
AUR2	20	14	0,70	6	0,30
APR1	35	20	0,57	15	0,43
APR2	35	23	0,66	12	0,34
AR1	50	31	0,62	19	0,38
AR2	50	31	0,62	19	0,38
U	25	17	0,68	8	0,32
F	45	27	0,60	18	0,40
FCAR	40	28	0,70	12	0,30
Total	340	219	0,64	121	0,36

AUP – Agricultura Urbana e Periurbana; AUR1 – Agricultura de franja Urbana-Rural (Minifúndios e Pequenos Imóveis); AUR2 – Agricultura de franja Urbana-Rural (Médios e Grandes Imóveis); APR1 – Agricultura de franja Periurbana-Rural (Minifúndios e Pequenos Imóveis); APR2 – Agricultura de franja Periurbana-Rural (Médios e Grandes Imóveis); AR1 – Agricultura e pastagem Rural (Minifúndios e Pequenos Imóveis); AR2 – Agricultura e pastagem Rural (Médios e Grandes Imóveis); U – Área Urbana; F – Floresta; FCAR – Floresta com imóvel rural do CAR.

Fonte: Produção da autora.

No GeoDMA foram selecionados os seguintes parâmetros para realizar a classificação: 64% amostras para treinamento (automaticamente o aplicativo reserva 36% para validação); a função *boosting* foi habilitada a fim de melhorar a precisão da classificação, pois permite combinar múltiplas árvores e extrair delas a melhor acurácia. Adotou-se o valor máximo disponível no aplicativo, equivalente a 300 árvores, que foram reduzidas para 19 árvores após demonstrar que o classificador estabiliza e apresenta bom desempenho após 19 interações.

Para a validação da classificação, foram obtidas as matrizes de confusão do GeoDMA para análise das seguintes métricas: **Acurácia Global (AG)** representa a porcentagem total de células corretamente classificadas em relação ao total geral de amostras (Equação 3.3); **Precision (P)** compreende a porcentagem de células atribuídas *corretamente* a uma classe comparada ao total de células que se apresentam como pertencente a essa classe (mas que podem não ser), varia de 0 a 1, no qual quanto mais próximo de 1 significa que se acertou mais (Equação 3.4); **Recall (R)** compreende a porcentagem de células

atribuídas *corretamente* a uma classe comparada ao total de células que *pertencem de fato* a essa classe, varia de 0 a 1, no qual quanto mais próximo de 1 significa que se errou menos (Equação 3.5); **F1-score (F)** compreende a média harmônica entre P e R, representa o quanto a classificação foi capaz de acertar mais e errar menos, ou seja, determina a qualidade geral da classificação (Equação 3.6).

$$AG = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN} \quad (3.3)$$

$$P = \frac{VP}{VP + FP} \quad (3.4)$$

$$R = \frac{VP}{VP + FN} \quad (3.5)$$

$$F1\ score = 2 \times \frac{P \times R}{P + R} \quad (3.6)$$

na qual *VP* é verdadeiro positivo (concordância entre a classe predita e a classe referência); *VN* é verdadeiro negativo (concordância entre não ser a classe predita e realmente não ser também na referência); *FP* é falso positivo (incoerência entre a classe predita e a classe de referência); e *FN* é falso negativo (incoerência entre não ser a classe predita e ser a classe de referência).

No próximo capítulo são apresentadas e discutidas as cartografias para a agricultura urbana e periurbana geradas para a RMVPLN.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classificação não supervisionada - análise de agrupamentos

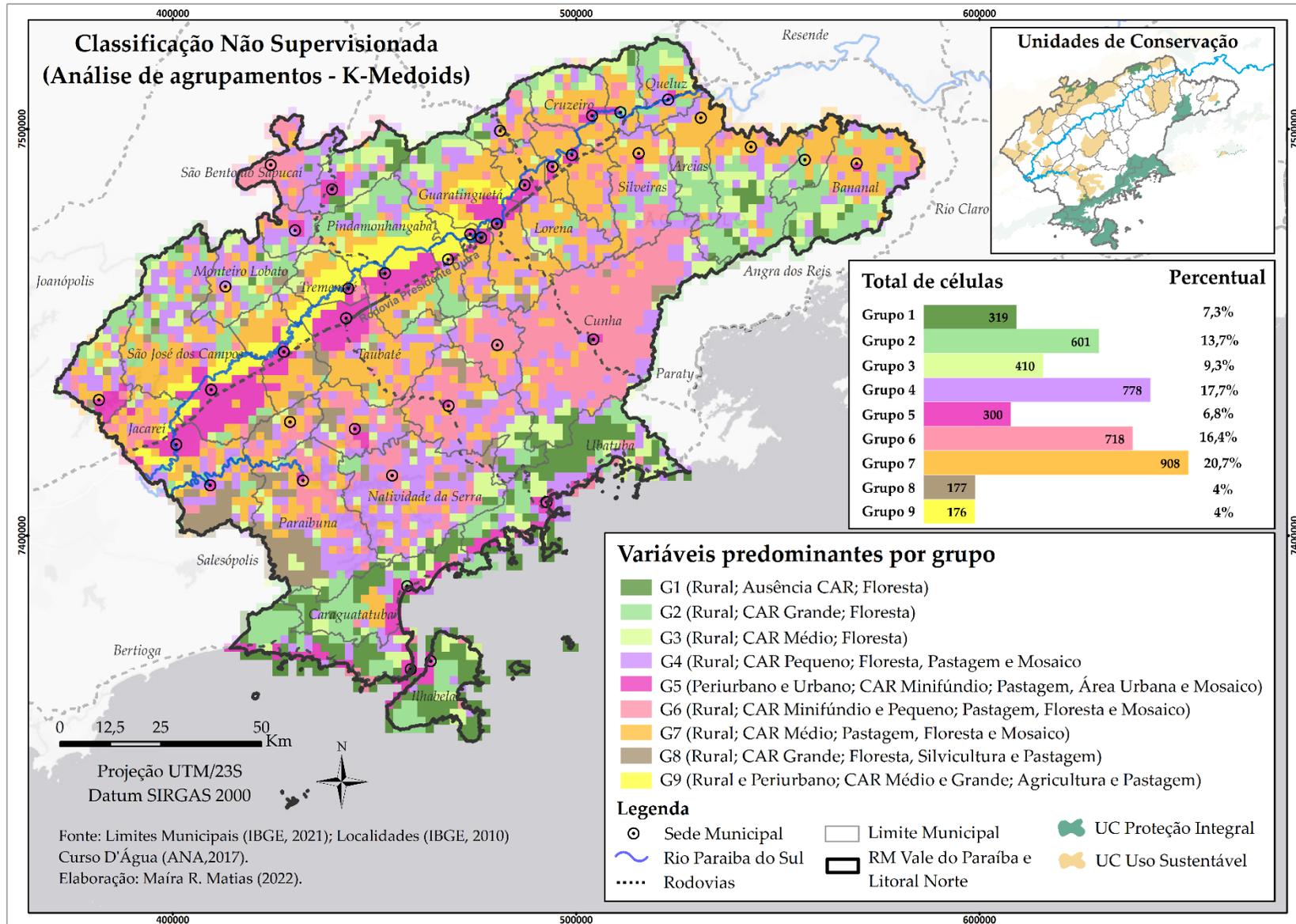
Os resultados da análise de agrupamentos pelo método k-medoids para a RMVPLN encontram-se na Tabela 4.1, com a descrição dos medóides de cada grupo e na Figura 4.1 com o mapa da distribuição espacial dos grupos formados.

Tabela 4.1 - Descrição dos medóides dos agrupamentos.

Análise de agrupamentos - Descrição dos medóides (k=9)										
Descrição dos medóides dos grupos		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
<i>Classes de situação de setores censitários %</i>	Setor Urbano	0	0	0	0	25,4	0	0	0	0
	Setor Periurbano	0	0	0	0	48,8	0	0	0	2,5
	Setor Rural	100	100	100	100	25,8	100	100	100	97,5
<i>Classes de tamanho dos imóveis rurais %</i>	CAR - Minifúndio	0	0,1	4,6	16,4	42,6	50,1	11,4	9,7	2,5
	CAR- Pequeno	0	6,4	6,8	61,2	35,6	43,9	23,8	15,8	15,5
	CAR - Médio	0	2,7	83,9	22,4	21,8	6,0	64,8	27,7	45,8
	CAR - Grande	0	90,8	4,7	0	0	0	0	46,8	36,2
<i>Classes de uso e cobertura da terra %</i>	Agricultura	0	0	1,2	0	0	0,1	0	0	59,3
	Mosaico	0	6,4	9,7	19,3	13,9	20,0	20,1	5,2	1,7
	Pastagem	0	4,5	6,1	25,9	43,4	51,1	54,3	10,0	26,0
	Aquicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Silvicultura	0	0	2,7	1,7	0	0	0	36,2	0
	Área Urbanizada	0	0	0	0	39	0	0	0	0
	Restinga	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Floresta	100	89,0	80,3	51,5	2,3	28,8	23,1	48,6	10,7
<i>Estabelecimentos agropecuários (Nº Total)</i>	Total CNEFE	0	0	1	2	0	6	2	1	1

Fonte: Produção da autora.

Figura 4.1 - Mapa dos grupos formados a partir da classificação não supervisionada - Método K-Medoids (k =9).



Fonte: Produção da autora.

Caracterização dos agrupamentos

- **Grupo 1:** Compreende as células com maior presença de setores rurais caracterizadas pelo elevado percentual de floresta (100%), sem presença de imóveis rurais e sem estabelecimentos agropecuários. Sua ocorrência predomina nas áreas da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, onde existem as UCs de Proteção Integral. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 9 da tipologia (F - Floresta).
- **Grupo 2:** Compreende células com maior presença de setores rurais caracterizados pelo elevado percentual de floresta (89%), mas apresentam outras classes de uso e cobertura, tais como Mosaico de Agricultura e Pastagem (6,4%) e Pastagem (4,5%). Tais células apresentam como característica principal a presença de imóvel rural de tamanho grande (90,8%) e em menor percentual imóveis pequenos (6,4%), médios (2,7%) e minifúndios (0,1%). Apesar da presença de imóveis rurais declarados, esse grupo não possui estabelecimentos agropecuários. Sua ocorrência também predomina nas Serras do Mar e Mantiqueira, onde existem as UCs de Proteção Integral e também nas UCs de Uso Sustentável. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 10 da tipologia (FCAR - Floresta com Imóvel Rural).
- **Grupo 3:** Compreende células com maior presença de setores rurais caracterizadas pelo elevado percentual de floresta (80,3%), mas que passam a apresentar outras classes de uso e cobertura, tais como, Mosaico de Agricultura e Pastagem (9,7%), Pastagem (6,1%), Silvicultura (2,7%) e Agricultura (1,2%). Tais células apresentam como característica principal a presença de imóvel rural de tamanho médio (83,9%) e em menor percentual minifúndios (4,6%), pequenos (6,8%) e grandes (4,7%) imóveis. A maior presença de classes de uso e cobertura vinculadas às atividades antrópicas também acaba refletindo na presença de 1 estabelecimento agropecuário nessas células. Sua ocorrência também predomina nas Serras do Mar e Mantiqueira, localizando-se nas bordas dos grupos 1 e 2. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 10 da tipologia (FCAR - Floresta com Imóvel Rural), com o diferencial da presença de 1 estabelecimento agropecuário.
- **Grupo 4:** Compreende células com maior presença de setores rurais que apresentam percentual de floresta intermediário (51,5%), acompanhada das classes Pastagem (25,9%), Mosaico de Agricultura e Pastagem (19,3%) e Silvicultura (1,7%). Esse grupo caracteriza-se pelo maior percentual de imóveis de tamanho pequeno nas células

(61,2%), seguidos dos médios (22,4%) e minifúndios (16,4%). Pode-se observar a presença de ao menos 2 estabelecimentos agropecuários nas células. Sua ocorrência predomina nas regiões serranas que não estão em UCs de Proteção Integral, mas que podem estar dentro de áreas de UCs de Uso Sustentável, tais como Natividade da Serra, Paraibuna, São Luiz do Paraitinga, Cunha, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 6 da tipologia (AR1 – Agricultura e pastagem Rural; Minifúndios e Pequenos Imóveis).

- **Grupo 5:** Compreende células com maior presença de setores periurbanos (48,8%), seguido dos setores rurais (25,8%) e urbanos (25,4%). É o único grupo que apresenta Área Urbanizada como uma das classes características (39%), além de possuir presença de Pastagem (43,4%), Mosaico de Agricultura e Pastagem (13,8%) e o menor percentual de Floresta em relação aos demais grupos (2,3%). Em relação ao tamanho dos imóveis rurais, nenhuma das classes chega a ocupar mais da metade da área da célula, mas os maiores percentuais ficam com os minifúndios (42,6%), pequenos (35,6%) e médios (21,8%), não sendo presente a classe de tamanho grande. Por seu caráter mais urbanizado, não apresenta estabelecimentos agropecuários como representativo do grupo. Sua ocorrência está vinculada ao processo de ocupação do território da RMVPLN, mais expressiva nos municípios cortados pela Rodovia Presidente Dutra e no litoral e menos expressiva nos municípios com áreas urbanas menores e menos adensadas. As características desse grupo se assemelham às descrições das classes 1 (AUP – Agricultura Urbana e Periurbana), 2 (AUR1 – Agricultura de franja Urbana-Rural – Minifúndios e Pequenos); 4 (APR1 – Agricultura de franja Periurbana-Rural – Minifúndios e Pequenos) e 8 (AU – Área Urbana) da tipologia.
- **Grupo 6:** Compreende células com maior presença de setores rurais (100%) em que o percentual de floresta não é tão elevado (28,8%). A classe de destaque desse grupo é a Pastagem (51,1%), seguida pelo Mosaico de Agricultura e Pastagem (20%). Seu diferencial está na classe de tamanho, em que minifúndios e pequenos imóveis respondem por cerca de 94%, respectivamente, 50,1% e 43,9%. Grandes imóveis não são características desse grupo e os médios respondem por apenas 6%. Tal perfil de maior concentração de imóveis de menor tamanho acaba por refletir também no total de estabelecimentos agropecuários, equivalente a 6, o maior número entre os grupos. Sua ocorrência está bastante próxima do grupo 4, sendo predominante nas regiões serranas que não estão em UCs de Proteção Integral, mas que podem estar dentro de áreas de

UCs de Uso Sustentável. Os municípios de Cunha e São Bento do Sapucaí são referência para esse grupo. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 6 da tipologia (AR1 – Agricultura e pastagem Rural; Minifúndios e Pequenos Imóveis).

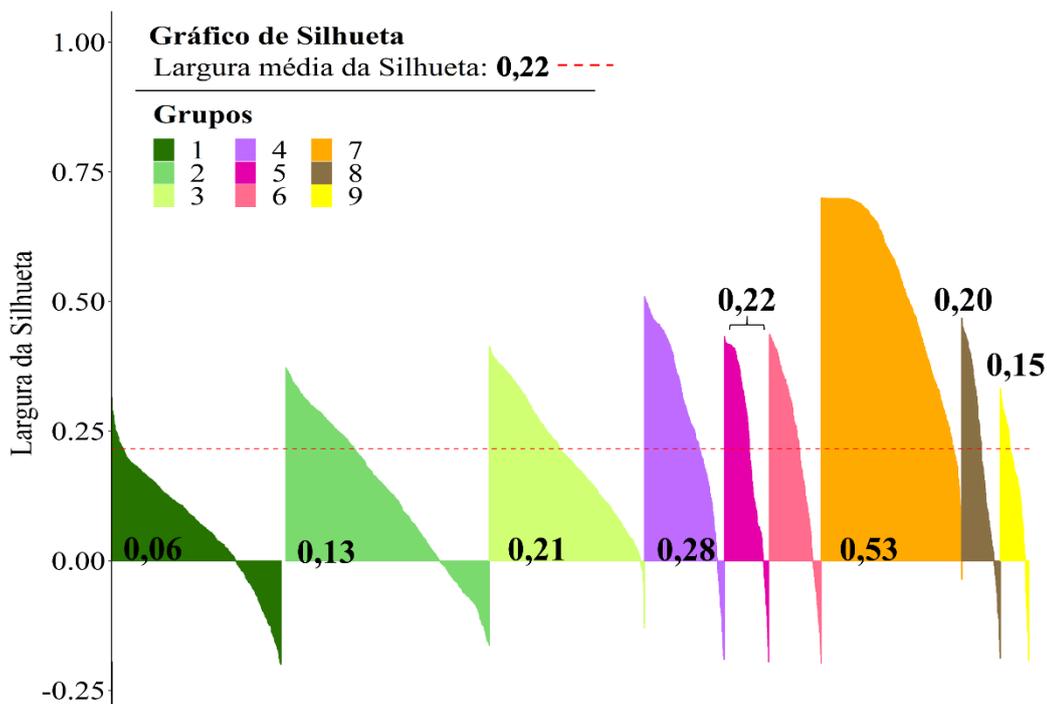
- **Grupo 7:** Compreende células com maior presença de setores rurais (100%) em que o percentual de floresta não é tão elevado (23,1%). A classe de destaque desse grupo é a Pastagem (54,3%), seguida pelo Mosaico de Agricultura e Pastagem (20,1%). Seu diferencial em relação ao grupo 6 corresponde ao perfil de tamanho de imóveis e ao local de ocorrência. Neste grupo predominam os médios imóveis (64,8%), seguidos pelos pequenos (23,8%) e minifúndios (11,4%), não sendo presente a classe de tamanho grande. Pode-se observar a presença de ao menos 2 estabelecimentos agropecuários. Sua ocorrência está bastante presente no entorno dos grandes centros urbanos e da Rodovia Dutra (maior proximidade com as áreas de várzea do Rio Paraíba do Sul) e também nas cidades do vale histórico (tais como Bananal, Areias, Silveiras e São José do Barreiro) onde no passado localizavam-se as extensas fazendas de café. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 7 da tipologia (AR2 – Agricultura e pastagem Rural; Médios e Grandes Imóveis).
- **Grupo 8:** Compreende células com maior presença de setores rurais (100%) em que o percentual de floresta é intermediário (48,6%). A classe de destaque desse grupo é a Silvicultura (36,2%), seguida pela Pastagem (10%) e Mosaico de Agricultura e Pastagem (5,2%). Em relação ao tamanho dos imóveis rurais, predominam os de tamanho grande (46,8%) e médios (27,7%), pequenos e minifúndios respondem por 15,8 e 9,7%, respectivamente. Tal perfil de tamanho de imóveis também reflete na redução da quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula, equivalente a 1. Sua ocorrência é predominante na porção sudoeste da RMVPLN, concentrando-se nos municípios de Paraibuna, Santa Branca, Redenção da Serra, Jambeiro e Caçapava. As características desse grupo se assemelham às descrições da classe 7 da tipologia (AR2 – Agricultura e pastagem Rural; Médios e Grandes Imóveis).
- **Grupo 9:** Compreende células com maior presença de setores rurais (97,5%) mas que também acompanha setores periurbanos (2,5%). O percentual de floresta é baixo (10,7%) e a classe de destaque é a Agricultura (59,3%), acompanhada da Pastagem (26%) e Mosaico de Agricultura e Pastagem (1,7%). Os imóveis rurais preponderantes são os médios (45,8%) e os grandes (36,2%), seguidos pelos pequenos (15,5% e

minifúndios (2,5%). A quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula é equivalente a 1. Sua ocorrência está bastante vinculada ao entorno dos grandes centros urbanos da RMVPLN (São José dos Campos, Jacareí, Caçapava, Taubaté, Tremembé, Pindamonhangaba e Guaratinguetá) especialmente nas várzeas do Rio Paraíba do Sul. As características desse grupo se assemelham às descrições das classes 3 (AUR2 – Agricultura de franja Urbana-Rural – Médios e Grandes Imóveis), 5 (APR2 – Agricultura de franja Periurbana-Rural – Médios e Grandes) e 7 (AR2 – Agricultura e pastagem Rural; Médios e Grandes Imóveis) da tipologia.

Avaliação dos agrupamentos

Foi realizada uma avaliação dos grupos por meio da análise de silhueta, que, de forma resumida, mostra o quão próximo cada ponto de um aglomerado está de pontos dos aglomerados vizinhos. A **Figura 4.2** apresenta os resultados da largura da silhueta para cada observação, a largura média da silhueta de cada grupo e o valor médio para todos os grupos. Valores altos (quase 1) indicam que os objetos foram muito bem agrupados; observações com valores próximos a 0 significa que se encontram entre dois grupos ou mais; observações com valores negativos significa que os objetos provavelmente foram alocados no grupo errado (ROUSSEEUW, 1987; KAUFMAN e ROUSSEEUW, 1990).

Figura 4.2 - Gráfico de silhueta - Avaliação dos grupos formados.



Fonte: Produção da autora.

Verificou-se que a avaliação geral dos agrupamentos apresentou valor mais baixo (0,22), indicando sobreposição em boa parte dos grupos formados. Analisando cada grupo isoladamente, percebe-se que apenas o Grupo 7 atingiu valores mais elevados (0,53). Os demais grupos, especialmente de características florestais, tiveram muitas observações com valores negativos, possivelmente indicando que foi classificado no grupo errado. Esses resultados podem ser explicados, em parte, pela similaridade entre o perfil de variáveis que formam os grupos, muitos deles divergindo em poucas variáveis (às vezes só pelo tamanho dos imóveis). Uma outra explicação pode ser pela resolução do espaço celular (2km x 2km), que permitiu maior heterogeneidade das variáveis dentro da célula, deixando mais complexa a formação de grupos mais puros.

Realizando uma análise com base nas características de todos os grupos, foi possível observar que os grupos 1, 2 e 3, responsáveis por cerca de 30% do total de células para a RMVPLN, se destacam pela característica florestal. O resultado que chamou bastante atenção foi a presença de imóveis rurais declarados, principalmente de tamanho grande, em extensas áreas de florestas das regiões serranas, muitas delas inclusive em áreas de UCs de Proteção Integral. Nesse quesito, a diferença entre os Grupos 2 e 3 é que no primeiro predominam os grandes e não há indicativo de estabelecimentos agropecuários, enquanto no segundo predominam os médios imóveis e apresentam indicativos de estabelecimento agropecuário, com outras classes de uso e cobertura indicando atividades antrópicas emergentes.

As hipóteses levantadas para o Grupo 2 vinculam-se à existência de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) da Mata Atlântica²⁹, na qual proprietários particulares destinam áreas para preservação. Outra hipótese refere-se à existência desses grandes imóveis antes da criação de algumas UCs (década de 70) na qual proprietários acabaram realizando o registro no CAR posteriormente. Por fim, não se descarta também a hipótese de especulação de terras, mas para todos os cenários é válida uma investigação mais apurada. No caso do Grupo 3, o que se nota é que ele possui uma característica mais fronteira, de abertura de floresta, em que há predominância de áreas florestais, mas que também é possível encontrar outros perfis agropecuários, especialmente aqueles vinculados aos imóveis médios.

²⁹ Programa de Incentivo às Reservas Particulares do Patrimônio Natural da Mata Atlântica, coordenado pelas ONGs Conservação Internacional (CI-Brasil) e Fundação SOS Mata Atlântica. Para saber mais: <https://www.sosma.org.br/noticias/programa-de-rppns-completa-10-anos-com-mais-de-57-mil-hectares-de-mata-protegidos/>. Acesso: jun/2022.

Pôde-se verificar também diferenças entre os grupos em que predominam os setores rurais sem ser majoritariamente florestal: o Grupo 4 e o Grupo 6 predominam os sistemas com os menores tamanhos de imóveis (minifúndios e pequenos, de até 4 módulos fiscais), concentrando cerca de 38% das células da RMVPLN; enquanto que nos Grupo 7 e 8 pode-se verificar presença mais significativa dos sistemas com os maiores tamanhos de imóveis (médios e grandes, acima de 4 módulos fiscais), representando cerca de 24% das células totais da área de estudo. Uma observação relevante refere-se à diferença do total de estabelecimentos agropecuários conforme varia as características de tamanho de imóveis do grupo: quanto maior a presença dos minifúndios e pequenos imóveis, maior a quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula. Onde predominam médios e grandes imóveis esse número tende a ser menor. Exceção para o Grupo 7, que tem valor semelhante ao Grupo 4, que pode ser explicado pelo predomínio dos médios, mas também dos pequenos.

Para o objeto de estudo desta pesquisa, verifica-se que os Grupos 5 e 9 são os que possuem características mais urbanizadas em relação aos demais grupos (que representa cerca de 10,4% do total de células). Dentre eles, o Grupo 5 é o que mais apresenta áreas urbanas e periurbanas e seu perfil de tamanho de imóveis é predominantemente composto por minifúndios e pequenos (acima de 78%). Para além da área urbanizada, a presença das classes Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem também dão indícios de presença de atividades de AUP nessas áreas. O Grupo 9 possui características mais periurbanas e rural, próximas às áreas do grupo 5, mas seu perfil é bem diferente, concentrando médios e grandes imóveis nos quais a classe Agricultura é proeminente. Como já mencionado, a classe de agricultura do Mapbiomas identifica (não exclusivamente) as agriculturas anuais de grande escala (arroz, soja, cana, citrus, etc), o que é condizente com as características do agrupamento formado.

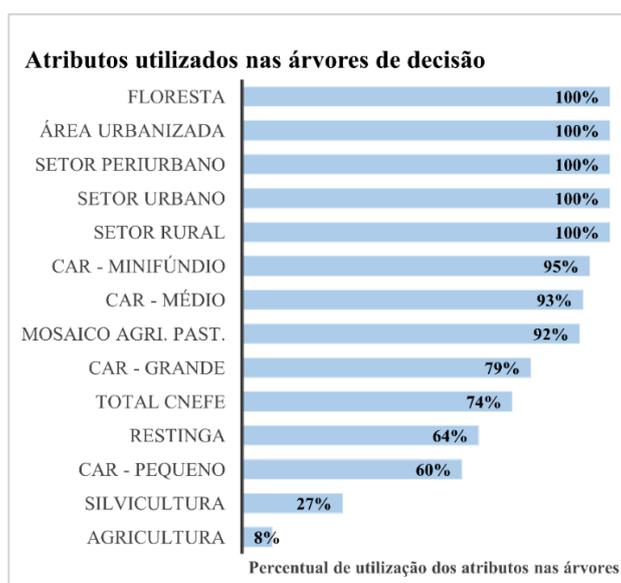
Apesar da avaliação estatística não apresentar valores elevados, as características dos grupos formados dialogaram com as tipologias elaboradas a partir do conhecimento da área de estudo e inclusive contribuíram para enxergar padrões que ainda não haviam sido identificados, como foi o caso das áreas florestais que apresentaram imóveis rurais de tamanho grande. Nesse caso, a análise de agrupamentos serviu tanto para fins exploratórios quanto para fins confirmatórios de tipos já pré-estabelecidos. Especificamente para a identificação da AUP, verificou-se que a contribuição do método acaba generalizando demais as áreas potenciais, mas pode ser interessante do ponto de vista de demarcação de um perímetro e/ou redução da área para se empregar outros métodos de identificação supervisionados, por exemplo.

4.2 Classificação supervisionada – árvore de decisão

Os resultados da classificação supervisionada por árvore de decisão basearam-se em amostras de treinamento selecionadas conforme a tipologia dos potenciais sistemas de produção encontrados para a RMVPLN. A Figura 4.3 apresenta os atributos utilizados nas árvores de decisão e a Tabela 4.2 apresenta a matriz de confusão das amostras de teste.

Em 19 das árvores que contribuíram para a obtenção de resultados com maior acurácia, 5 atributos foram utilizados nas ramificações maiores, por todas elas para discriminar as classes: Dois de uso e cobertura (Floresta e Área Urbanizada) e três referentes às características dos setores (Setor Periurbano, Urbano e Rural). Um exemplo de uma das árvores com boa acurácia encontra-se no Apêndice B. Acima de 90% das variáveis relacionadas com os imóveis rurais e uso da terra foram utilizadas nas árvores de decisão, como Minifúndios, Médios e Mosaico de Agricultura e Pastagem. Os atributos que mais contribuíram para a classificação nas árvores foram os marcadores de setores urbanos/rural e de tamanho dos imóveis. Classes menos representativas do território (e concentradas em ramificações terminais, bem específicas), como Silvicultura e Agricultura, responderam pelo menor percentual de utilização. No sentido oposto, classes com ampla ocorrência nas várias tipologias também acabaram não sendo consideradas como um atributo relevante na construção das árvores, tal como a Pastagem.

Figura 4.3 - Atributos utilizados nas árvores de decisão.



Fonte: Produção da autora.

Tabela 4.2 - Matriz de confusão das amostras de validação.

Amostras Referência	Matriz de erro da classificação										<i>Recall</i>	
	Tipologias (Classificado)											
	AUP	AUR1	AUR2	APR1	APR2	AR1	AR2	U	F	FCAR		
AUP	4											1,00
AUR1		7	1									0,88
AUR2		1	5									0,83
APR1				15								1,00
APR2				1	11							0,92
AR1						18				1		0,95
AR2							19					1,00
U								8				1,00
F									18			1,00
FCAR											12	1,00
<i>Precision</i>	1,00	0,88	0,83	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00		
<i>F1-score</i>	1,00	0,88	0,83	0,97	0,96	0,97	1,00	1,00	0,97	1,00		
<i>Acurácia Global</i>	0,97											
<i>Média Precision</i>	0,96											
<i>Média Recall</i>	0,95											

AUP – Agricultura Urbana e Periurbana; AUR1 – Agricultura de franja Urbana-Rural (minifúndios e pequenos imóveis); AUR2 - Agricultura de franja Urbana-Rural (médios e grandes imóveis); APR1 – Agricultura de franja Periurbana-Rural (minifúndios e pequenos imóveis); APR2 – Agricultura de franja Periurbana-Rural (médios e grandes imóveis); AR1 – Agricultura e pastagem Rural (minifúndios e pequenos imóveis); AR2 - Agricultura e pastagem Rural (médios e grandes imóveis); U – Área Urbana; F – Floresta; FCAR – Floresta com CAR.

Fonte: Produção da autora.

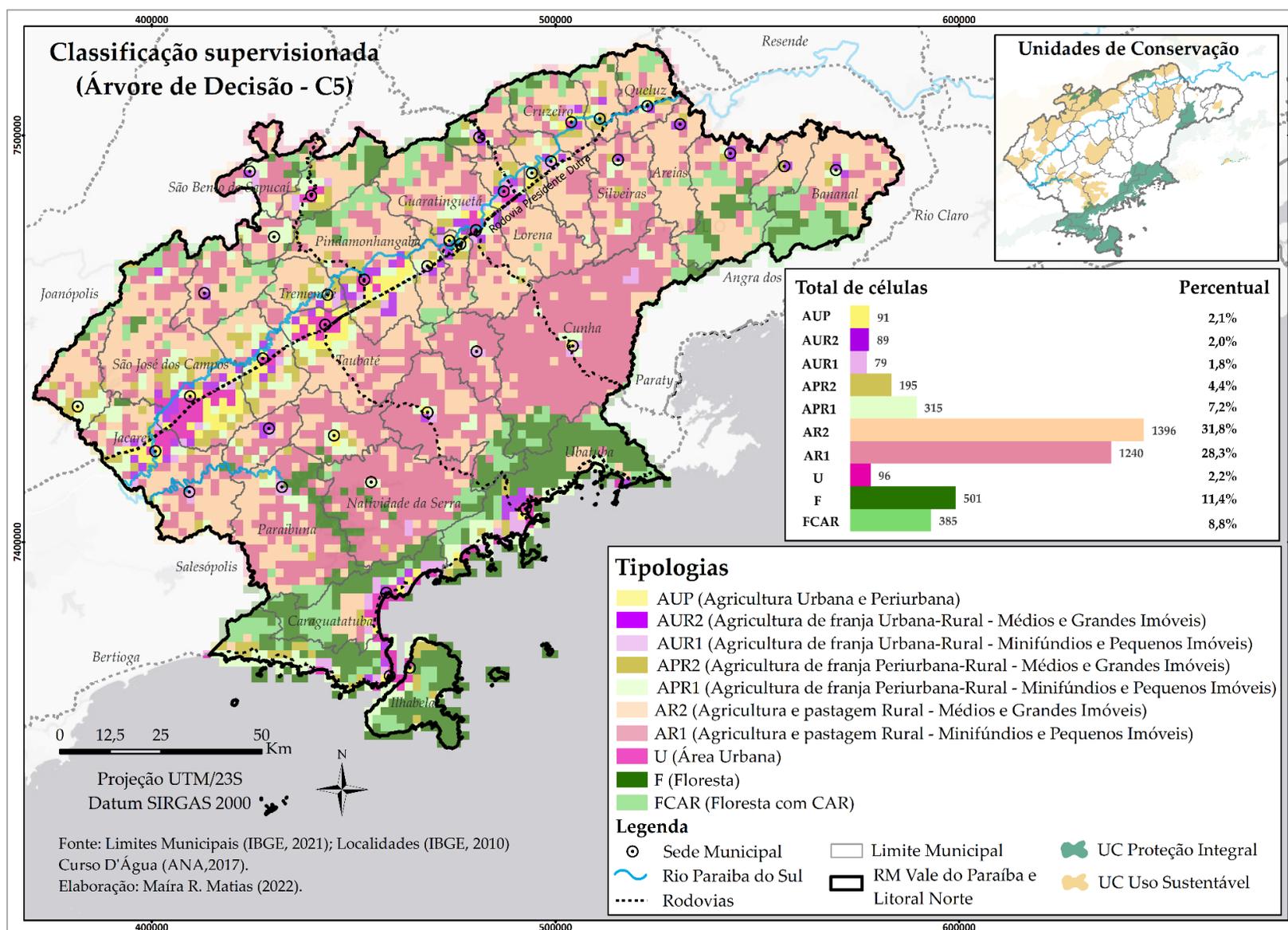
No geral, as métricas de avaliação da classificação contidas na Tabela 4.2 indicaram que o modelo preditivo apresentou bom desempenho, com acurácia global de 0,97, ou seja, 117 das 121 células reservadas para teste foram classificadas corretamente (97%). A média da *precision* foi de 0,96 e do *recall* de 0,95, valores próximos a 1, o que significa que no geral se acertou mais e errou menos. Apesar disso, observou-se que as classes AUR1 e AUR2 tiveram valores abaixo da média tanto para *precision* quanto para *recall*. Ainda que apenas uma observação tenha sido classificada incorretamente, tais classes apresentam poucas amostras no total, o que faz com que o erro tenha maior impacto. Houve confusão também entre as classes APR1 e APR2 e entre AR1 e F.

Caracterização das classes AR1, AR2, F, FCAR e U

A Figura 4.4 apresenta o resultado da distribuição espacial das classes. Os *boxplots* das amostras utilizadas para treinamento (Apêndice C) com o comportamento de cada uma das variáveis utilizadas em relação às classes foram consultados para complementar a caracterização.

- **AR1 e AR2:** Mais de 31% do total de células corresponde à classe AR2 (Agricultura e pastagem Rural – Imóveis Médios e Grandes), seguida pela classe AR1 (Agricultura e pastagem Rural – Imóveis Minifúndios e Pequenos) que concentra cerca de 28% das células. Ambas as classes possuem a Pastagem como classe de uso e cobertura majoritária, com presença mais elevada entre os pequenos (recobrando cerca de 50% da área da célula). Duas outras classes também têm destaque em ambas, mas em proporções inversas: Floresta predomina na AR2 e Mosaico de Agricultura e Pastagem na AR1. O diferencial mais marcante entre elas está na Silvicultura (percentual mais elevado nas células onde predominam os maiores imóveis) e na quantidade de estabelecimentos agropecuários (quantidade mais elevada onde encontram-se os menores imóveis). Espacialmente, a classe AR1 se concentra nos municípios das regiões serranas (Cunha, Lagoinha, São Luiz do Paraitinga, Natividade da Serra, São Bento do Sapucaí, Redenção da Serra e Paraibuna), sendo mais pulverizada nos municípios cortados pela Rodovia Presente Dutra e pelos municípios do vale histórico.

Figura 4.4 - Mapa da distribuição espacial das classes da tipologia dos potenciais sistemas de produção para a RMVPLN a partir da classificação supervisionada.



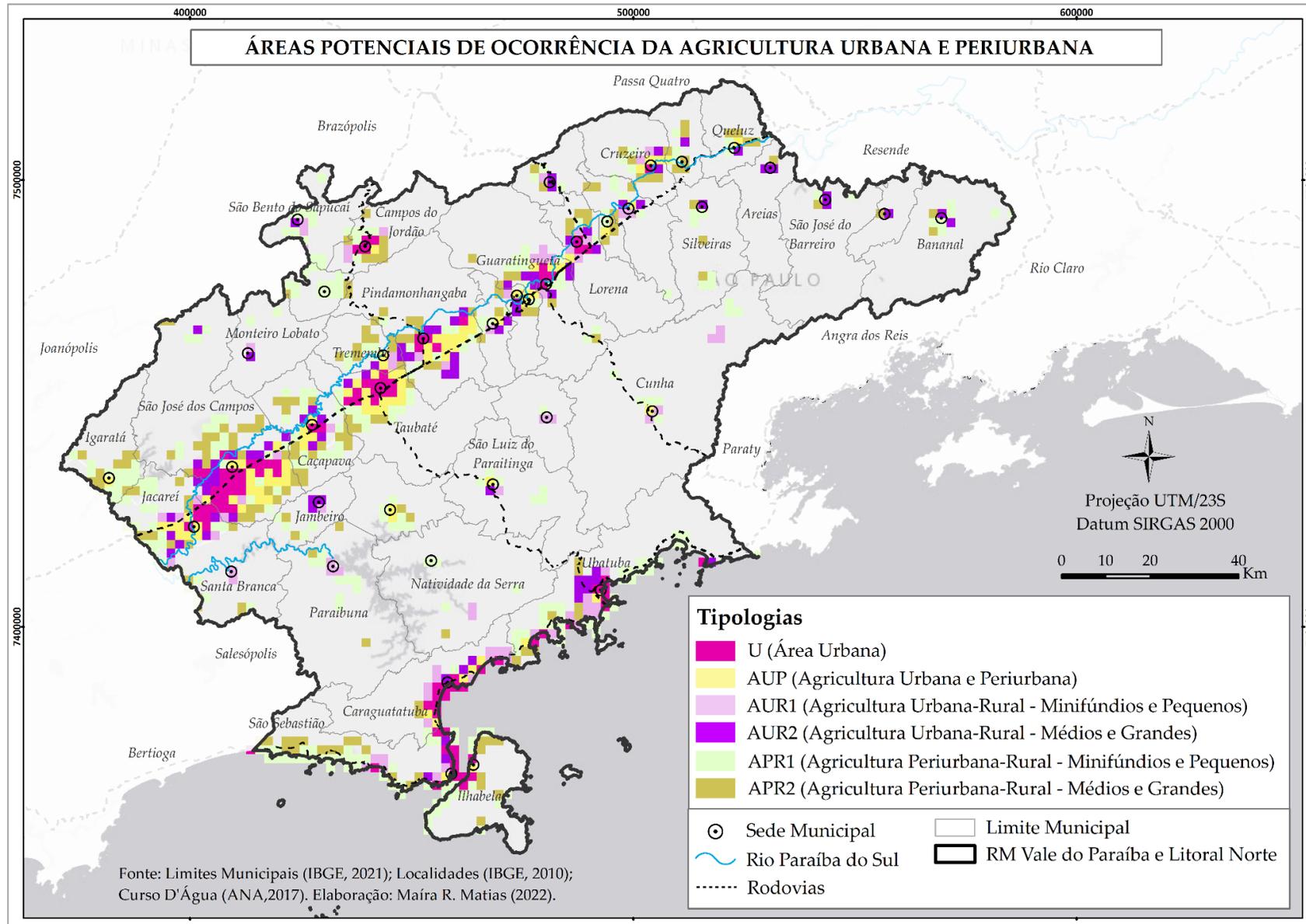
Fonte: Produção da autora.

- **F e FCAR:** Aproximadamente 20% das células da RMVPLN correspondem às áreas de características florestais. A classe F (Floresta) é majoritária (11,4%) e localiza-se principalmente nos municípios litorâneos da Serra do Mar (Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião), coincidente com as UCs de Proteção Integral. A classe FCAR (Floresta com CAR) se distingue da primeira apenas porque apresenta percentual elevado de imóveis rurais de tamanho grande e sua localização é mais pulverizada no território, entretanto, observa-se maior concentração dessa classe nas áreas limítrofes ao município de Angra dos Reis e também em parte das áreas serranas da Serra da Mantiqueira, coincidindo com algumas UCs de Uso Sustentável.
- **U:** A classe U (Área Urbana) compreende 2,2% das células da RMVPLN. Os setores urbanos respondem por mais de 85% da área da célula; quanto ao uso e cobertura, apresenta mais de 95% de Área Urbanizada, seguida de Mosaico de Agricultura e Pastagem. Considerando a resolução da célula de 2km x 2km, a localização dessa classe pode ser visualizada nos municípios mais populosos da região e que possui tecido urbano mais espreado, tais como São José dos Campos, Taubaté, Jacareí e alguns trechos da faixa litorânea mais adensada. Ou seja, sabe-se que a área urbana da região é maior do que a indicada pela classe (bastante restrita às áreas mais densamente edificadas). Entretanto, as demais áreas urbanas da região foram classificadas em alguma tipologia vinculada às áreas potenciais de ocorrência de agricultura urbana e periurbana, possivelmente pela presença de outros elementos na célula (imóveis CAR, estabelecimentos agropecuários, etc.). Tais classes são descritas com mais detalhes a seguir.

Caracterização das classes AUP, AUR1, AUR2, APR1 e APR2

As classes a seguir representam as tipologias que são objeto da presente pesquisa, as que correspondem as áreas potenciais de ocorrência da agricultura urbana e periurbana (**Figura 4.5**). Sendo assim, foi realizada uma análise mais detalhada, incluindo uma verificação remota dos elementos mais representativos encontrados em cada um dos tipos a partir dos dados secundários e das imagens do *Google Earth*.

Figura 4.5 - Mapa das áreas potenciais de ocorrência da Agricultura Urbana e Periurbana.

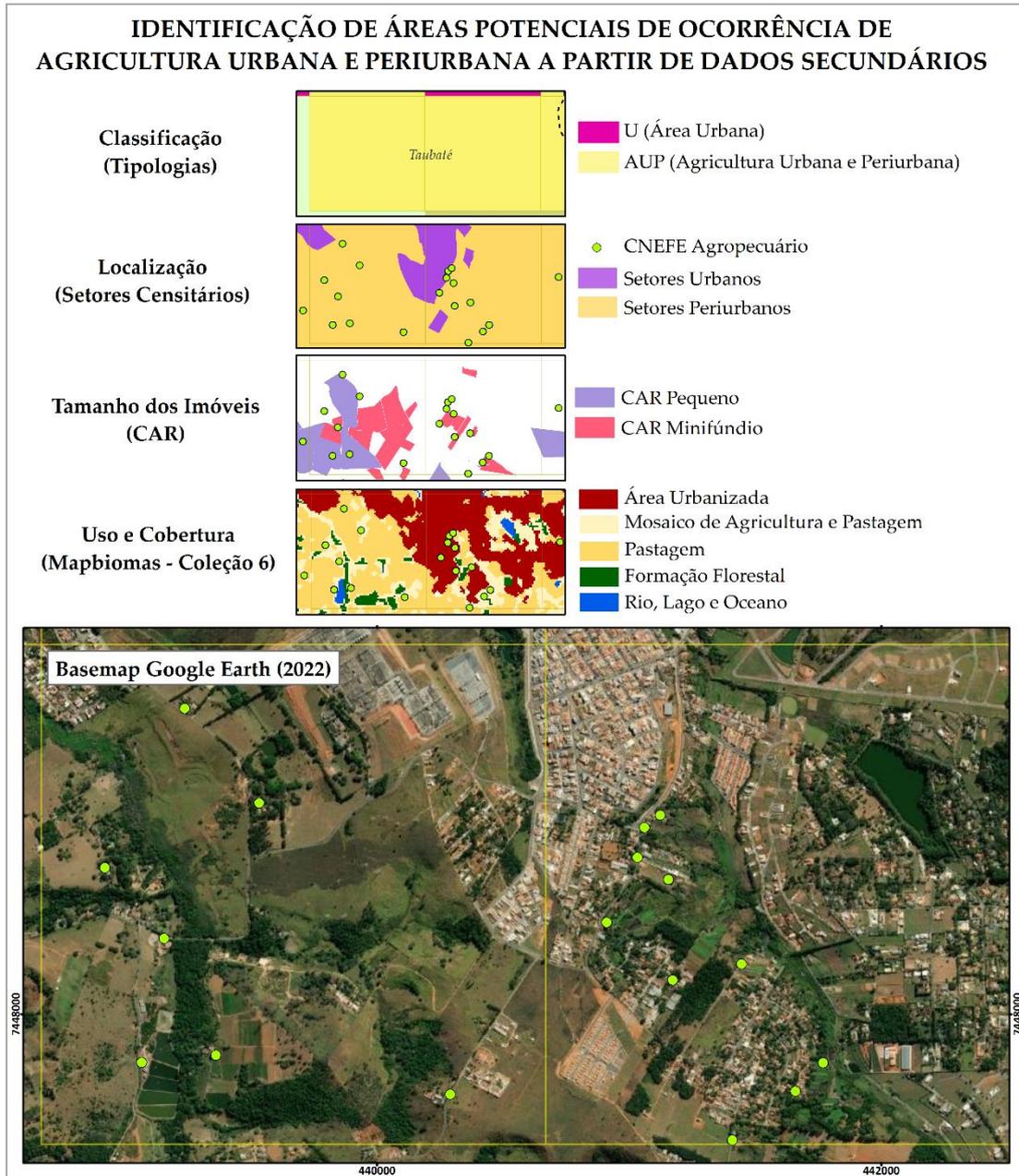


Fonte: Produção da autora.

- **AUP:** A classe AUP (Agricultura Urbana e Periurbana) compreende 2,1% das células da RMVPLN. Em relação às características dos setores, os urbanos representam cerca de 30% da área das células e os periurbanos acima de 66%. Os imóveis CAR no geral ocupam menos de 20% da área e as classes encontradas referem-se predominantemente aos minifúndios, pequenos e em menor percentual, aos médios imóveis. As classes de uso e cobertura encontradas são Área Urbanizada (entre 45 a 70%), Mosaico de Agricultura e Pastagem e Pastagem (ambas < 30%). A quantidade de estabelecimentos agropecuários dessa classe varia entre 1 e 10, com a mediana no entorno de 4 estabelecimentos. Situa-se de forma mais concentrada nos municípios que possuem áreas urbanizadas mais extensas e espraiadas cortadas pela Rodovia Presidente Dutra e próximas do Rio Paraíba do Sul. No geral essa classe localiza-se no entorno imediato das células classificadas como U (Área Urbana).

A **Figura 4.6** apresenta um recorte para uma área classificada como AUP no município de Taubaté, ilustrando os dados que compõe a célula e a verificação remota a partir de imagens do *Basemap* do *Google Earth* (2022) das áreas agrícolas existentes.

Figura 4.6 – Verificação remota de células classificadas como AUP a partir das imagens do Google Earth.



Fonte: Produção da autora.

- **AUR1 e AUR2:** As classes AUR (Agricultura de franja Urbano-Rural 1- Minifúndios e Pequenos Imóveis; 2 – Médios e Grandes Imóveis) respondem por 3,8% das células da região metropolitana. Ambas apresentam os setores rurais recobrando acima de 75% da célula e os setores urbanos abaixo dos 25%, porém

a proporção difere um pouco: a AUR1 tem maior percentual de setores urbanos e menor de setores rurais enquanto que a AUR2 é o inverso.

Quanto ao tamanho dos imóveis, percebe-se que ainda que haja percentuais mais elevados de minifúndios e pequenos na AUR1 e médios e grandes na AUR2, é uma área que possui uma maior heterogeneidade: na AUR1 encontra-se também algum percentual de médios e na AUR2 percentual de imóveis pequenos. Tal característica pode estar vinculada à resolução da célula, mas também pode indicar que talvez exista uma outra tipologia não identificada previamente: a dos pequenos e médios imóveis.

Em relação às classes de uso e cobertura presentes, a Pastagem se destaca em ambas, com mediana mais elevada na AUR1 (acima de 40%) do que na AUR2 (cerca de 30%). Mosaico de Agricultura e Pastagem e a classe Floresta fica abaixo de 30% em ambas, sendo mais expressiva na AUR1 e a proporção de Área Urbanizada é semelhante nas duas classes (< 20%). Os diferenciais encontram-se na classe Agricultura, que se destaca apenas na AUR2, e na maior quantidade de estabelecimentos agropecuários na célula, maior na AUR1. Tem o perfil de localização um pouco semelhante ao da AUP, situando-se próximo das células classificadas como U, mas tem uma característica marcante que é a presença dessa classe coincidente com a localização das sedes dos municípios que possuem manchas urbanas menores, como pode ser observado em Paraibuna, Jambeiro, Silveiras, Areias, São José do Barreiro, Monteiro Lobato e São Bento do Sapucaí. Isso ocorre porque são pequenos centros urbanos que muitas vezes não chegam a recobrir a maior parte da célula de 2km x 2km. Além disso, possivelmente não possuem áreas periurbanas expressivas, fazendo transição diretamente de áreas mais adensadas para áreas menos adensadas e que já apresentam maior atividade agropecuária nesse entorno imediato. Essa característica também pode ser observada nos municípios do litoral, porém representa um processo um pouco diferente: os municípios litorâneos possuem manchas urbanas maiores que os supracitados, porém ocupam uma faixa estreita do território por conta da barreira física da escarpa da Serra do Mar.

- **APR1 e APR2:** As classes APR (Agricultura de franja Periurbana-Rural 1- Minifúndios e Pequenos Imóveis; 2 – Médios e Grandes Imóveis) respondem pelos maiores percentuais de células dentre as classes com características urbanas e periurbanas da RMVPLN, a APR1 compreende 7,2% e a APR2 4,4%. Observa-se que o percentual de setores rurais é mais elevado do que o de setores periurbanos, só que a APR1 tem proporção maior de áreas periurbanas e menor de áreas rurais do que a APR2.

Em relação ao tamanho dos imóveis, a APR1 apresenta maior percentual de imóveis pequenos do que minifúndios e a APR2 apresenta maior percentual de imóveis grandes do que médios. Da mesma forma que na AUR1 e AUR2, pode-se perceber maior heterogeneidade no perfil de imóveis, uma vez que na APR1 encontra-se um pequeno percentual de médios e na APR2 há um percentual um pouco maior de minifúndios e pequenos. Tais características podem explicar, em parte, os erros encontrados na matriz de erro da classificação.

A Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem destacam-se, sendo a primeira mais expressiva na APR2 e a segunda na APR1. A Área Urbanizada fica abaixo de 10% em ambas e o percentual de Floresta é um pouco maior na APR1. Os diferenciais são a classe Agricultura e Silvicultura presentes na APR2 e com valores bem baixos na APR1; e na quantidade de estabelecimentos agropecuários³⁰, com a APR1 correspondendo a segunda maior mediana, cerca de 5 por célula (podendo atingir pouco mais de 15), com a mediana da APR2 no entorno de 1 estabelecimento.

Ambas as classes têm a característica em comum de situarem-se nas áreas de transição entre as tipologias de características mais urbanas (AUP, AUR1 e

³⁰ Tendo em vista que a quantidade de estabelecimentos agropecuários se mostrou uma variável importante de diferenciação entre classes, apresentando relação inversa na quantidade total de pontos do CNEFE Agropecuário conforme o perfil de tamanho de imóveis CAR (quanto maior a presença de minifúndios e pequenos imóveis maior a quantidade de pontos do CNEFE Agropecuário e quanto maior a presença de imóveis médios e grandes menor a quantidade de pontos), durante a etapa de análise exploratória dos dados realizou-se uma análise de correlação entre as classes de tamanho dos imóveis e o total de estabelecimentos agropecuários na célula (2km x 2km). Obteve-se correlação de 0,68 para Minifúndios e Total de CNEFE; 0,59 para os Pequenos Imóveis; 0,19 para os Médios Imóveis; -0,22 entre os Grandes Imóveis e o Total de CNEFE. Essa análise complementar encontra-se no Apêndice D.

AUR2) e as de características mais rurais (AR1, AR2, F e FCAR). É possível que essa classe coincida com a sede de alguns municípios, o que pode indicar que a proporção de áreas periurbanas nessas localidades é maior que as urbanas. Essa classe tem a característica de localizar-se bastante próxima ao Rio Paraíba do Sul, o que é coerente com o elevado percentual encontrado para a classe Agricultura na APR2 (as agriculturas de grande escala situam-se predominantemente nas várzeas do rio). Apesar de concentrarem-se nos municípios cortados pela Dutra, também é possível observar forte presença em alguns municípios litorâneos, tais como São Sebastião, Ilhabela e na porção Sul de Ubatuba. Esse padrão pode ser explicado pelos pequenos núcleos. Entre uma praia e outra, é possível encontrar áreas que não são adensadas o suficiente para serem classificadas como urbana. Sendo assim, esses padrões são classificados como áreas periurbanas que tem a característica de constituir faixas estreitas de ocupação do território por conta da Serra do Mar.

De forma geral, os resultados da classificação a partir da tipologia mostraram-se valiosos do ponto de vista da identificação de áreas potenciais de ocorrência de agricultura urbana e periurbana, especialmente porque foi possível encontrar outros padrões e potenciais sistemas de produção vinculados a esses espaços urbanos e periurbanos para além da AUP e até mesmo em áreas em que o uso e cobertura era predominantemente de Área Urbanizada. Além disso, também se obteve bom desempenho do classificador em relação às métricas de acurácia e foi possível visualizar os atributos que tiveram maior contribuição para a discriminação das classes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi norteadada pela lacuna de metodologias e produção de informações espaciais sistematizadas a respeito das áreas onde ocorrem as práticas de agricultura urbana e periurbana. Teve por base alguns critérios importantes: a utilização de dados abertos e de abrangência nacional, a utilização de softwares livres, a produção de metodologias replicáveis e adaptáveis às diversas realidades territoriais do país.

Tendo em vista a grande dimensão territorial do país e das áreas urbanas brasileiras e considerando que os estudos e pesquisas sobre AUP situam-se predominante na escala local de análise, o desenvolvimento de metodologias que tentassem revelar esses sistemas de produção para a escala regional foi priorizado como ponto de partida. As expressões territoriais destes sistemas, em arranjos metropolitanos, na forma de cartografias foi o caminho percorrido. Um primeiro olhar territorial, sistematizado a partir do tratamento e das operações sobre diversos conjuntos de dados secundários, localiza, identifica e caracteriza potenciais sistemas de produção no campo da agricultura no espaço urbano estendido das regiões metropolitanas.

Esta dissertação procurou contribuir para superação do desafio de revelar na escala regional fenômenos que são mais adequadamente observáveis na escala local, utilizando para isso o uso combinado de dados com potencial de caracterizar indiretamente os sistemas produtivos e métodos de classificação para contextos em que talvez não se tenha conhecimento sobre os tipos de sistemas da área (não supervisionado) e métodos que partissem de tipologias construídas previamente com base em conhecimento local das práticas nos territórios metropolitanos (supervisionado).

No geral, a análise de agrupamentos (não supervisionado) se mostrou bastante útil para realizar uma análise exploratória e descritiva da área e também para as cartografias da AUP: dentre os 9 grupos formados, 2 deles apresentaram características vinculadas às tipologias agrícolas urbanas e periurbanas. O primeiro apresentou perfil mais urbanizado, concentrando-se nos municípios cortados pela Rodovia Presidente Dutra, com áreas urbanas mais espaiadas e conurbadas; e de forma mais dispersa nos municípios litorâneos, com tecido urbano mais estreito e fragmentado, porém adensado. Foi possível observar o predomínio dos minifúndios e pequenos imóveis, condizente e corroborando com a tipologia de AUP, sendo a Pastagem a classe de uso e cobertura de maior destaque,

inclusive maior do que a classe Área Urbanizada. Tal resultado pode indicar que a Pastagem é uma das classes na qual a agricultura urbana está camuflada. O segundo grupo já apresentou perfil bastante diferente: apesar de localizar-se no entorno imediato do grupo descrito anteriormente (mais urbanizado), situa-se apenas na faixa das várzeas do Rio Paraíba do Sul e sua característica é periurbana rural. Desta forma, também corroborando com a tipologia de APR2 e AUR2, predominam os médios e grandes imóveis, e tem o mais elevado percentual da classe Agricultura (que representa as agriculturas anuais de larga escala) entre todos os grupos. Essa descrição se assemelha às características apontadas na literatura de AUP de que as áreas mais densamente edificadas acabam concentrando os minifúndios e pequenos imóveis enquanto que as áreas periurbanas são mais associadas, não exclusivamente, às agriculturas de larga escala (MOUGEOT, 2000; SANTANDREU; LOVO, 2007; FERREIRA *et al*, 2020).

O uso do método não-supervisionado para a classificação, mesmo observando que na avaliação apenas de critérios estatísticos os agrupamentos resultantes não tenham apresentado métricas estatísticas mais adequadas, formaram um acervo importante de informações, construído com base apenas nos dados, para uma análise e refinamento dos tipos de sistemas propostos na tipologia apresentada (Item 3.3.2.2). Foi possível identificar semelhanças entre a descrição dos tipos de sistemas para AUP presentes na tipologia com as características descritivas dos grupos obtidos pela classificação não-supervisionada com partição direta por critério estatístico sobre o conjunto de dados de entrada. Permitiu também enxergar novos padrões espaciais e complementar e/ou refinar a tipologia criada neste trabalho com essas informações. Para novos estudos em novas áreas recomenda-se testar outros tamanhos de resolução para as células de agregação de variáveis (espaço-celular). Essa etapa pode contribuir para melhorar a separação entre os objetos naquele novo contexto com suas especificidades.

Em relação à identificação da AUP, verificou-se que a contribuição do método não-supervisionado, para este estudo em específico, com o uso de dados de uso e cobertura da terra derivados de satélites de média resolução espacial (30 metros) tende a superdimensionar as áreas potenciais de AUP. Isso pode ser melhorado com uso de dados de uso e cobertura gerados por novas plataformas com sensores gerando imagens de 10 metros, tais como o Sentinel-2A e 2B (ESA, 2022) ou com o refinamento de classificações para classes de interesse, por exemplo o refinamento da classificação para

as classes Mosaico de Agricultura e Pastagem e Pastagem do Mapbiomas, utilizando dados de melhor resolução (principalmente espacial) e revelando classes de uso agrícola mais específicas.

Em relação aos resultados da classificação por árvore de decisão (supervisionada) foi possível perceber que o classificador obteve um bom desempenho em relação às métricas de acurácia, mesmo utilizando informações de uso e cobertura não muito refinadas (Mapbiomas, classes derivadas de imagens de 30 metros de resolução). O uso do conhecimento traduzido na construção de uma tipologia de sistemas utilizada para treinar um algoritmo fez a diferença. Ou seja, a inclusão do olhar direto do especialista no ciclo de processamento através da tipologia, da seleção das amostras e do treinamento, da avaliação da classificação e da decisão de retorno às fases de seleção e treinamento, se necessário, foram essenciais. As máquinas aprendem, é verdade, mas precisam de uma supervisão adequada de bons/boas professores/professoras. O aspecto bastante positivo se deu especialmente nas classes vinculadas à AUP, em que foi possível identificar outros tipos de sistemas existentes nesses espaços urbanos e periurbanos.

É interessante perceber como as características das classes variam em função do gradiente constituído entre os espaços urbanos e rurais: a AUP (Agricultura Urbana e Periurbana) e as classes AUR (Agricultura Urbana-Rural) localizam-se no entorno imediato das áreas mais urbanizadas. Já as classes APR (Agricultura Periurbana rural) situam-se nas áreas de transição entre as tipologias de características mais urbanas (AUP, AUR1 e AUR2) e as de características mais rurais (AR1, AR2, F e FCAR).

Verificou-se uma característica interessante nas AUR e APR: quando localizadas em municípios que possuem manchas urbanas menores, percebe-se que essas classes coincidem com a localidade da sede municipal, mas elas possuem configurações distintas: no caso da AUR isso ocorre porque seus centros urbanos muitas vezes não chegam a recobrir a maior parte da célula de 2km x 2km e também porque não possuem áreas periurbanas expressivas, transicionando diretamente de áreas mais adensadas para áreas menos adensadas e que já apresentam maior atividade agropecuária nesse entorno imediato. Já as sedes municipais que coincidem com a APR, o que se evidencia é que a proporção de áreas periurbanas nessas localidades é maior que as urbanas. Ambas as classes também se manifestam nos municípios litorâneos, mas não porque

necessariamente apresentam tecido urbano reduzido, mas sim porque a faixa de ocupação litorânea é estreita devido à escarpa da Serra do Mar, que faz com que muitas células tenham o perfil urbano-rural; e outras tenham perfil periurbano-rural, este último vinculado ao padrão de ocupação disperso em algumas praias do litoral. Tal observação a respeito da morfologia do tecido urbano deve ser levada em consideração em pesquisas futuras, com implicações para adaptações necessárias para o tamanho das células do espaço celular.

Um aspecto existente em comum nos resultados tanto da classificação não supervisionada quanto na supervisionada, é o potencial da relação entre tamanho dos imóveis e a quantidade de CNEFE Agropecuário: quanto mais elevada a quantidade de estabelecimentos agropecuários frequentemente maior a presença de minifúndios e pequenos imóveis. Futuras pesquisas estudando a relação entre o total de CNEFE e o tamanho dos imóveis do CAR seriam importantes, uma vez que para certas localidades do país nem sempre é possível encontrar uma base de imóveis mais consolidada. Sendo assim, o dado do CNEFE seria uma alternativa, pois apresenta cobertura nacional e se propõe a ser quinquenal. Além disso, tendo em vista as dificuldades e o grande esforço que é necessário fazer para mapear a agricultura de pequena escala, tal como pode ser visto em Souza *et al.* (2019) e Pacheco *et al.* (2021), essa investigação também contribuiria para se consolidar um potencial indicador dessas agriculturas de pequena escala, na qual fosse possível indicar (inclusive com análises estatísticas) de que existe maior probabilidade de haver sistemas de produção vinculados a imóveis e propriedades de menor tamanho em áreas com alta concentração de pontos do CNEFE Agropecuário.

Outro aspecto observado refere-se à relação entre gradiente urbano-rural e perfil de tamanho de imóveis: as classes vinculadas aos menores imóveis geralmente possui características mais urbanizadas e periurbanizadas do que as classes vinculadas aos grandes imóveis. Por exemplo, a AUR1 tem maior proporção de setores urbanos e menor de setores rurais, ocorrendo o inverso na AUR2; a APR1 tem maior proporção de áreas periurbanas e menor de áreas rurais, ocorrendo o inverso na APR2.

Ao analisar a contribuição de cada um dos dados secundários para a identificação das áreas potenciais de AUP tem-se que a proposta metodológica para a delimitação das áreas urbanas, periurbanas e rurais a partir da informação da situação dos setores censitários

fornece uma contextualização territorial de execução mais simplificada e que permite a adaptabilidade de reagrupamento das classes de setores conforme às especificidades de cada área. Apesar dos critérios que embasam cada uma das situações dos setores se restringirem à densidade de edificações, presença ou ausência de bens e serviços e à dispersão de estabelecimentos agropecuários, é uma base de dados disponível para todo o país e que tem a promessa de ter atualização anual por meio da Malha Setorial Intermediária. Outra alternativa metodológica para a delimitação dessas áreas pode ser encontrada em Matias *et al.* (2021), que delimita as áreas urbanas, periurbanas e rurais a partir da Grade Estatística e da Grade de Uso e Cobertura do IBGE, comparando os resultados com a metodologia de reagrupamento de setores.

Outro dado bastante relevante para a pesquisa foi o CAR, especificamente os polígonos dos limites dos imóveis classificados por classe de tamanho. Sabe-se das fragilidades e desafios de se utilizar essa base de dados, tendo em vista que menos de 0,1% passaram pelo processo de validação de competência das Unidades Federativas. Isso faz com que muitos problemas atrelados à base, tais como a sobreposição entre os polígonos dos imóveis, dificultem e desencorajem a utilização dessa base, principalmente em estudos que fazem uso de Sistemas de Informação Geográfica.

Para contornar parcialmente esse problema e permitir seu uso na pesquisa foi necessário desenvolver metodologia para a limpeza do dado, metodologia que não considera os aspectos jurídicos para a remoção da sobreposição, uma vez que isso privilegia a manutenção apenas dos grandes imóveis em detrimento dos pequenos, menos respaldados juridicamente. Considerando o critério da replicabilidade metodológica, sabe-se que a implementação dos procedimentos de remoção de sobreposição dos imóveis do CAR poderia oferecer uma certa barreira. Pensando nisso, está sendo preparado um artigo para submissão a respeito da elaboração de um procedimento automatizado de remoção de sobreposição a ser disponibilizado ao público por meio de um complemento para o software QGis.

O CNEFE Agropecuário foi um dado indicador de atividade agropecuária que teve uso bastante conjunto e complementar com as informações do CAR. A diferença é que a presença de um ponto do CNEFE representa que de fato algum tipo de atividade ocorre no entorno de sua localização e que suas informações constam agregadas por município

nos resultados do Censo Agropecuário. Ou seja, ele é o dado mais desagregado que pode ser utilizado pós classificação para direcionar o olhar para áreas específicas onde essas atividades agropecuárias estão ocorrendo, da mesma forma que o CAR, só que neste último não é possível afirmar que realmente existe uma atividade no local.

Por fim, o dado de uso e cobertura da Coleção 6 do Mapbiomas, ainda que apresente resolução espacial de 30m, foi importante para discriminar algumas tipologias. Foi possível perceber que as áreas de AUP apresentam majoritariamente as seguintes classes: Área Urbanizada, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Pastagem. Classes como Silvicultura e Agricultura ficaram bastante atreladas aos tipos caracterizados pela presença dos imóveis de maior tamanho. Mas este certamente é o dado que mais limita os resultados com a metodologia proposta. A produção de informação mais refinada sobre agricultura é um elemento essencial para que possamos de fato, sistematicamente, trazer à luz toda uma produção da AUP hoje negligenciada nas bases de informação oficiais e nas agendas de planejamento.

Finalmente, pode-se concluir que o uso de dados secundários que indiretamente inferem sobre características a respeito de sistemas de produção combinado a métodos de aprendizado de máquina supervisionados pode proporcionar novas leituras, interpretações e, principalmente, novas cartografias de territórios da agricultura até então pouco explorados. Com isso, espera-se ter contribuído parcialmente para proporcionar visibilidade para essas práticas e de seus espaços de ocorrência.

Espera-se também que essas cartografias aqui apresentadas contribuam para que esses espaços sejam considerados e incorporados nos instrumentos de planejamento territorial. A experiência de planejamento metropolitano de Belo Horizonte explicitou o quanto a ausência de dados espaciais e de representações adequadas dessas agriculturas dificultou o processo de incorporação da temática no Macrozoneamento do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado. Na época, ainda que houvesse espaço para essa discussão no Plano, uma vez que esteve norteado pelo arcabouço conceitual da Trama Verde e Azul, a dimensão das práticas agrícolas na trama acabou não sendo incorporada à proposta mínima devido, principalmente, ao caráter incompleto das informações espaciais.

Espera-se que as metodologias e estratégias de utilização de dados espaciais aqui apresentadas sejam utilizadas, criticadas e aprimoradas com o tempo, possibilitando o surgimento de novas cartografias da agricultura urbana e periurbana, que têm potencial para serem incorporadas como uma dimensão da Trama Verde e Azul, a trama das agriculturas, possibilitando fazer conexões com os debates agroecológicos e da produção de alimentos para e nas metrópoles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. R. de. **Região metropolitana: desafio da gestão regional**: um estudo de caso da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte-SP. 2015. 97p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.univap.br/dados/00003d/00003d63.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- ALMEIDA, D.A.O. Conversações em curso: agriculturas na RMBH - espaços de produção agrícola e a trama verde azul. In: SEMINÁRIO DE TRABALHO SOBRE A TRAMA VERDE AZUL, 2017. 33p. **Anais...** 2017. Disponível em: http://www.rmbh.org.br/arquivos_biblioteca/tva_e_agricultura_na_rmbh.pdf. Acesso em: fev. 2021.
- ALMEIDA, D.A.O. **Isto e aquilo**: agriculturas e produção do espaço na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). 2016. 439 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/EQVA-BBWRTL>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- AMARAL, S. et al. Using remote sensing and census tract data to improve representation of population spatial distribution: case studies in the Brazilian Amazon. **Population and Environment**, v. 34, n. 1, p. 142–170, 2012.
- ANAZAWA, T.M. **A potência das representações**: a trama verde e azul e a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte em São Paulo. Projeto (Pós-Doutorado em Ciências Sociais Aplicadas - Planejamento Urbano e Regional) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2022.
- ARRUDA, A. G. F. “Planejamento territorial” e “ordenamento territorial”: uma busca da compreensão usual e epistemológica na gestão do território. **Akrópolis Umuarama**, v. 21, n. 2, p. 125- 132, 2013.
- BAPTISTA, C. D. **Aspectos do Vale do Paraíba e do seu reerguimento no Governo Adhemar de Barros**. Taubaté: Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio, Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, 1940. 56p.
- BAPTISTA, F. O. **Agricultura e capitalismo na Europa do Sul**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 1997. 35 p.
- BARTHOD, C.; GRAFFIN, V.; DESHAYES, M. Les trames verte et bleue: un projet du Grenelle de l’environnement qui concerne les forestiers. **Revue Forestière Française**, v. 68, n.3, p. 307-322, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274122302_Les_trames_verte_et_bleue_Un_projet_du_Grenelle_de_l'environnement_qui_concerne_les_forestiers. Acesso em: 5 abr. 2021.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Módulo fiscal**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>. Acesso em 08: mar. 2021.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Analisa CAR**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/ultimas-noticias/61-car/2022-analisacar>. Acesso em: 20 abr. 2020.

_____. **Boletim informativo:** dados declarados até 01 de fevereiro de 2022. Brasília: 2022. 42 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/informativos/boletim-informativo-car>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Módulo de cadastro:** manual do usuário. Brasília: MMA, 2016. 139 p. Disponível em: <https://www.car.gov.br/public/Manual.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei Nº 8629, de 25 de fevereiro de 1993:** dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária. Brasília: Casa Civil, 1993. Disponível em

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8629compilado.htm. Acesso em: 10 fev. 2021.

_____. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012:** Capítulo IV – do Cadastro Ambiental Rural, Art. 29. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 12 fev. 2021.

_____. **Decreto n. 7.830, de 17 de outubro de 2012:** dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acesso em: 08 jun. 2022.

_____. **Instrução Normativa nº. 2/MMA de 06 de maio de 2014:** dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural-SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural-CAR. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. Disponível em:

http://www.car.gov.br/leis/IN_CAR.pdf. Acesso em: 08 fev. 2021.

_____. **Lei Nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015:** institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Brasília: Secretaria-Geral, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113089.htm. Acesso em: 20 mar.2021.

_____. **Instrução Normativa nº 02, de 6 de maio de 2014:** dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural - CAR. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. Disponível em: https://www.car.gov.br/leis/IN_CAR.pdf. Acesso em: 15 abr. 2022.

BREIMAN, L.; IHAKA, R. **Nonlinear discriminant analysis via scaling and ACE.** Berkeley: University of California, 1984. 36p. Disponível em: <https://digitalassets.lib.berkeley.edu/sdtr/ucb/text/40.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2020.

CARLOS, A. F. A. Da organização à produção do espaço no movimento do pensamento geográfico. In: CARLOS, A, F, A; SOUZA, M. L.; SPOSITO, M. E. B (Org.). **A produção do espaço urbano:** agentes e processos, escalas e desafios. São Paulo: Contexto, 2011.

COSTA, H. S. M.; ALMEIDA, D. A. O. Agricultura urbana: possibilidades de uma praxis espacial? **Eixos Periféricos**, v.4, n.8, p. 1-21, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/cadec/article/view/3528>. Acesso em: 20 fev. 2021.

COUTINHO, M. N.; COSTA, H. S. de M. Agricultura urbana: prática espontânea, política pública e transformação de saberes rurais na cidade. **Geografias**, v. 13, p. 81-97, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13322>. Acesso em: 20 fev. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Código Florestal**: adequação ambiental da paisagem rural. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>. Acesso em: 06 jun. 2022.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO (EMPLASA). **Plano de ação da macrometrópole paulista 2013-2040**: política de desenvolvimento da macrometrópole – volume 1. São Paulo: Emplasa, 2014.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO (EMPLASA). **Região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**: estudo técnico. São Paulo: Emplasa, 2011.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Sentinel-2**. Disponível em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>. Acesso em: 11 jul. 2022.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 646 p.

FERREIRA, J. S. W. Cidades para poucos ou para todos? Impasses da democratização das cidades no Brasil e os riscos de um “urbanismo às avessas”. In: OLIVEIRA, F; BRAGA, R.; RIZEK, C. S. (Org.). **Hegemonia às avessas**: economia, política e cultura na era da servidão financeira. São Paulo: Boitempo, 2010. 400 p.

FERREIRA, J. L (Coord.). **Mais perto do que se imagina**: os desafios da produção de alimentos na metrópole de São Paulo. Instituto Escolhas: São Paulo, 2020. 35 p. Disponível em: <https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/2020/11/Sum%C3%A1rio-Executivo-Mais-perto-do-que-se-imagina-a-produ%C3%A7%C3%A3o-de-alimentos-na-metr%C3%B3pole-de-S%C3%A3o-Paulo.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2020.

FRANCO, U. E. G. **Avaliação das sobreposições geométricas de imóveis e reservas legais do Cadastro Ambiental Rural (CAR) na RIDE-DF**. 2018. 104 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://l1library.org/document/z1erkdpy-avaliacao-sobreposicoes-geometricas-imoveis-reservas-cadastro-ambiental-rural.html>. Acesso em: 30 nov. 2020.

FRITZ FILHO, L., MIGUEL, L. A., BECKER FRITZ, K. B. Diferenciação e dinâmica dos sistemas agrários do município de Passo Fundo no planalto médio do Estado do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 16, n. 42, p. 301-341. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/5933>. Acesso em: 30 jan. 2021.

FRONZA, G.; PEREIRA, G. H. A.; CECHIM JÚNIOR, C.; DEPPE, F. Projeto GeosicarPR: plataforma de dados espaciais de referência para apoio à análise do cadastro ambiental rural do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, n. 13, 2018, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2018. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/336349141_PROJETO_GEOSICAR_PR_PLATAFO_RMA_DE_DADOS_ESPACIAIS_DE_REFERENCIA_PARA_APOIO_A_ANALISE_DO_CADASTRO_AMBIENTAL_RURAL_DO_ESTADO_DO_PARANA. Acesso em: 08 fev. 2021.

GOMES, C.; ANDRADE, D. J. de. Política e planejamento no Vale do Paraíba e Litoral Norte: a integração regional em questão. **Ambiente & Sociedade**, v.23, e0129, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/ScBGnVsmH8PdmCLMRrZ4MWz/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GOMES, C.; RESCHILIAN, P. R.; UEHARA, A. Y. Perspectivas do planejamento regional do Vale do Paraíba e litoral norte: marcos históricos e a institucionalização da região metropolitana no Plano de Ação da Macrometrópole Paulista. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, p. 154-171, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/t5yYZXjMySXz9jJSXcwXk7P/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GOOGLE. **Google Earth**. 2022. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 06 jan. 2022.

HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. São Paulo: Bookman, 2009. 688 p.

HAN, JIAWEI; KAMBER, MICHELINE; PEI, JIAN. **Data mining: concepts and techniques**. 3.ed. [S.l.]: Morgan Kaufman, 2011. 703 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base de informações do censo demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 125 p. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoess_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf. Acesso em: 08 mar. 2021.

_____. **Censo 2010: Guia do censo: operação censitária**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/operacao-censitaria.html>. Acesso em: 10 fev. 2021.

_____. **Censo agropecuário: resultados definitivos 2017**. Rio de Janeiro: IBGE. 2019. 109 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

_____. **Divulgação do cadastro de estabelecimentos agropecuários do Censo Agropecuário 2017: nota técnica 01/2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019a. 10 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101638_notas_tecnicas.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

_____. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2016 – 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 27 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101703.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2022.

_____. **Estrutura territorial: malha dos setores censitários**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=saiba-mais-edicao>. Acesso: 08 mar. 2021.

_____. **Metodologia do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 703 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281634>. Acesso em: 08 jan. 2021.

_____. **Organização do território: malhas municipais**. 2019b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 20 fev. 2021.

_____. **Malhas de setores censitários**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 20 fev. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Governança fundiária: módulo fiscal**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>. Acesso em: 15 jun. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraLib and Terraview**. 2021. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terralib5/wiki/doku.php>. Acesso em: 15 jun. 2022.

_____. **GeoDMA – Geographic Data Mining Analyst 2.0.3**. 2021. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geodma>. Acesso em: 18 set. 2022.

KASSAMBARA, A. **Practical guide to cluster analysis in R: unsupervised machine learning**. [S.l.]: Sthda, 2017. 38 p. Disponível em: https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/clustering_en_preview.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P. J. **Finding groups in data: an introduction to cluster analysis**. New York: Wiley, 1990. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220695963_Finding_Groups_in_Data_An_Introduction_To_Cluster_Analysis. Acesso em: 20 jul. 2020.

KÖRTING, T. S; FONSECA, L. M. G; CÂMARA, G. GeoDMA—Geographic Data Mining Analyst. **Computers & Geosciences**, v. 57, n. 8, 2013, p. 133 – 145. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300413000538>. Acesso em: 20 jun. 2022.

KUHN, E. A.; RORATO, G. Z.; MELLO, B. C. Agricultura urbana e periurbana no Brasil: uma revisão das iniciativas existentes e das discussões no campo do planejamento urbano e regional. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO DE ESCOLAS E FACULDADES PÚBLICAS DE ARQUITETURA DA AMÉRICA DO SUL, 23., 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Campinas: Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/arquisur-2019/papers/agricultura-urbana-e-periurbana-no-brasil-uma-revisao-das-iniciativas-existentis-e-das-discussoes-no-campo-do-planejame?lang=pt-br>. Acesso em: 15 jul. 2022.

KURKDJIAN, M. L. N. O. et al. **Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE-CODIVAP, 1991.

MACQUEEN, J. B. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL STATISTICS AND PROBABILITY, 15., 1967, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California Press, 1967. p. 281–297.

MAPBIOMAS. **Projeto de mapeamento anual do uso e cobertura da terra no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto> Acesso em: 15 jul. 2022.

_____. **MapBiomass general handbook: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)**. collection 6. 2022. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/ATBD_Collection_6_v1_January_2022.pdf. Acesso em: 28 maio 2022.

MARICATO, E. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias: planejamento urbano no Brasil. In: ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E. (Ed.). **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. Petrópolis: Vozes, 2000, p. 121-192.

MARINELO, S. H. D. **Agricultura urbana no município de São José dos Campos: apropriação do espaço urbano, modos de vida e conflitos**. 2014. 85 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), São José dos Campos, 2014.

MATIAS, M. R., ANAZAWA, T. M., ESCADA, M. I. S., MONTEIRO, A. M. V. Agricultura urbana e periurbana na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte: propostas metodológicas para a delimitação do urbano e periurbano. 2021. In: SEMINÁRIO NACIONAL POPULAÇÃO, ESPAÇO E AMBIENTE, 6., 2021. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP, 2021. Disponível em: <http://www.abep.org.br/~abeporgb/publicacoes/index.php/anais/article/view/3697>. Acesso em: 25 jul. 2022.

MAZOYER, M.; MIGUEL, L. A.; ROUDART, L. Abordagem sistêmica e sistemas agrários. In: MIGUEL, L. A. (Org.). **Dinâmica e diferenciação de sistemas agrários**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 11-38. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/SistemasAgrarios.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MENCIO, M.; ZIONI, S. A caracterização das regiões metropolitanas e aglomerações urbanas pelo IBGE: limites e avanços do estatuto da metrópole. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 17., 2017. **Anais...** Disponível em: <http://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/1460>. Acesso em: 12 dez. 2020.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v.1, n.1-2, p. 1 – 9, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/Jbchd6rjY35PGkY5BHPz63S/?lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2022.

MICHIE, D.; SPIEGELHALTER, D. J.; TAYLOR, C. C. **Machine learning, neural and statistical classification**. 1994. Disponível em: <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~charles/statlog/whole.pdf> Acesso em: 25 jul. 2022.

MOUGEOT, L. J. A. Urban agriculture: definition, presence, potential and risks. In: BAKKER, N.; DUBBERLING, M.; GUNDEL, S.; SABEL-KASCHELLA, U.; ZEEUW, H. (Ed.). **Growing cities, growing food: urban agriculture on the policy agenda**. Feldafing: DSE, 2000. p. 1-42. ISBN 978-39-340-6825-4.

MUNIZ, M. H. **Uma abordagem para o problema de classificação utilizando programação inteira**. 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/SLSS-89PJEQ>. Acesso em: 25 jul. 2022.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010. 388 p.

OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL (OCF). **Análise e validação do CAR no estado do Pará**. OCF, 2019. 15 p. Disponível em: <https://www.icv.org.br/drop/wp-content/uploads/2020/02/diagnostico-para-v02.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2022.

OLIVEIRA, A. M.; COSTA, H. S. M. A trama verde e azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 20, n. 3, p. 538-555, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15292018000300538&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 jul. 2022.

OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, F. H. Verificação da integração entre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) sob a ótica do cadastro territorial multifinalitário. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 339-357, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p339>. Acesso em: 18 jul. 2022.

OLIVEIRA, R. R.; RUÍZ, A. E. L. **Geografia histórica do café no Vale do Rio Paraíba do Sul**. Rio de Janeiro: PUC, 2018. 305 p. Disponível em: <http://www.editora.puc-rio.br/media/geografia%20historica%20do%20cafe%20no%20vale%20do%20rio%20paraiba%20do%20sul.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2021.

PACHECO, F. D.; MATIAS, M. R.; MÁXIMO, G.; SOUZA, A. R. DE; SHIMABUKURO, Y. E.; ESCADA, M. I. S. Image classification methods assessment for identification of small-scale agriculture in brazilian Amazon. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, APPLICATIONS, AND SERVICES, 13., 2021. **Proceedings...** Disponível em: http://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/geoprocessing/geoprocessing_2021/geoprocessing_2021_1_40_30034.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

PERA, C. K. L.; BUENO, L. M. M. Revendo o uso de dados do IBGE para pesquisa e planejamento territorial: reflexões quanto à classificação da situação urbana e rural. **Cadernos Metropole**, v. 18, n. 37, p. 722-742, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-99962016000300722&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 08 mar. 2021.

PORTO, V. H. F. Sistemas agrários: uma revisão conceitual e de métodos de identificação como estratégias para o delineamento de políticas públicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 20, n. 1, p. 97-121, 2003. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8736>. Acesso em: 20 jan 2021.

QGIS. **Baixe o QGIS para a sua plataforma**: versão 3.22. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: 03 jul. 2022.

QUINLAN, J.R. Induction of decision trees. **Machine Learning**, v. 1, n. 1, p. 81-106, 1986.

QUINLAN, J.R. **C4.5: programs for machine learning**. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1992.

QUINLAN, J. R. Learning decision tree classifiers. **ACM Computing Surveys CSUR**, v. 28, n. 1, p. 71-72, 1996.

RAUDYS, S. **Statistical and neural classifiers: an integrated approach to design**. London: Springer, 2001.

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, n. 20, n. 1, p. 53–65, 1987.

SANTANDREU, A.; LOVO, I. C. **Panorama da agricultura urbana e periurbana no brasil e diretrizes políticas para sua promoção: identificação e caracterização de iniciativas de AUP em regiões metropolitanas brasileiras**. Belo Horizonte: FAO, 2007. 89 p. Disponível em: https://www.agriculturaurbana.org.br/textos/panorama_AUP.pdf. Acesso em: 15 fev. 2021.

SÃO PAULO. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. **Lei complementar 1.166, de 09 de janeiro de 2012**: cria a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, e dá providências correlatas. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei.complementar/2012/lei.complementar-1166-09.01.2012.html>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SOUSA, R. P. O.; CALAÇA, M. Agricultura urbana: uma nova alternativa para a produção de alimentos e melhor qualidade ambiental para a cidade. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 14, n. 32, p. 239-265, 2019. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/48311/26817/>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SOUZA, A. R., ESCADA, M. I. S., MARUJO, R. F. B., MONTEIRO, A. M.V. Cartografia do invisível: revelando a agricultura de pequena escala com imagens Rapideye na região do baixo Tocantins. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 38, p. 137-153, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/151603>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SOUZA JUNIOR, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 1-27, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 28 set. 2022.

TRAVASSOS, L.; PORTES, B., Rural metropolitano: caracterização e regulação na Região Metropolitana de São Paulo (Brasil). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território - GOT**, n. 14, p. 359-380, 2018. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2182-12672018000200016#_ftn3. Acesso em: 18 fev. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Avaliação dos marcos normativos e projetos estruturantes federais, estaduais e municipais referentes ao ordenamento territorial da RMBH: plano metropolitano – macrozoneamento RMBH**. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2020. 392 p. ISBN: 978-8575530757.

WANDSCHEER, E.A.R.; MEDEIROS, R.M.V. Agricultura urbana: reflexões sobre os territórios nestes espaços. In: MEDEIROS, R. M. V.; LIDNER, M. (Org.). **Dinâmicas do espaço agrário: velhos e novos territórios**. Porto Alegre: Núcleo de Estudos Agrários, 2017. p.

29-53. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/157491/001016893.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ZANON, E. R. Planejamento Territorial: Reflexões sobre uma cultura em construção no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019. Natal. **Anais...**

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/334126433_Planejamento_Territorial_Reflexoes_sobre_uma_cultura_em_construcao_no_Brasil#:~:text=A%20partir%20da%20aprova%C3%A7%C3%A3o%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o%20Federal%20de,autores%20que%20analisa%20diferentes%20momentos%20hist%C3%B3ricos%20no%20Brasil. Acesso em: 22 fev. 2021.

ZANOTTA, D.; FERREIRA, M. P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 320 p. ISBN: 978-85-7975-316-9

APÊNDICE A – ANÁLISE DO PERCENTUAL DE SOBREPOSIÇÃO DOS IMÓVEIS DO CAR POR MUNICÍPIO

Tabela A. 1 - Redução do percentual de sobreposição na base de imóveis do Cadastro Ambiental Rural, por município, conforme as etapas de edição realizadas.

PERCENTUAL DE SOBREPOSIÇÃO DOS IMÓVEIS CAR DE ACORDO COM OS PROCEDIMENTOS DE REMOÇÃO DE SOBREPOSIÇÃO EMPREGADOS					
Municípios	00. Dados originais	01. Após remoção dos imóveis cancelados	02. Após remoção dos imóveis <i>outliers</i>	03. Após remoção de sobreposição o interclasse	04. Após remoção dos imóveis descaracterizados
Total Geral (%)	12,30	11,27	8,58	4,56	4,41
Caraguatatuba	70,35	70,35	8,73	3,98	4,12
São Sebastião	30,12	4,23	4,23	1,48	1,49
Cruzeiro	22,19	12,59	13,09	6,79	6,49
Guaratinguetá	21,83	21,83	11,31	6,94	6,79
Natividade da Serra	18,53	18,43	16,01	7,62	6,88
Queluz	17,73	17,73	4,01	2,11	2,14
Redenção da Serra	16,85	16,40	7,81	3,42	3,44
Santa Branca	16,35	16,35	5,28	2,22	2,24
Arapeí	15,69	15,69	15,69	8,56	8,83
Canas	14,68	14,68	14,68	11,17	11,17
São Luiz do Paraitinga	14,31	10,73	7,67	4,03	3,59
Cachoeira Paulista	13,76	13,76	10,09	5,51	5,57
Jacareí	13,24	5,83	6,38	2,59	2,66
Ubatuba	12,93	12,92	10,22	3,60	3,57
São Bento do Sapucaí	12,03	11,81	12,79	6,56	6,36
Cunha	11,45	11,41	8,55	4,82	4,77
Piquete	11,24	11,24	12,34	7,19	7,23
Potim	10,86	10,86	10,86	2,10	1,37
São José dos Campos	10,46	8,86	9,37	5,15	4,92
Areias	9,58	9,58	9,58	5,28	5,28
Lorena	9,07	8,85	9,20	5,24	5,34
São José do Barreiro	9,02	9,02	10,27	5,87	5,87

continua

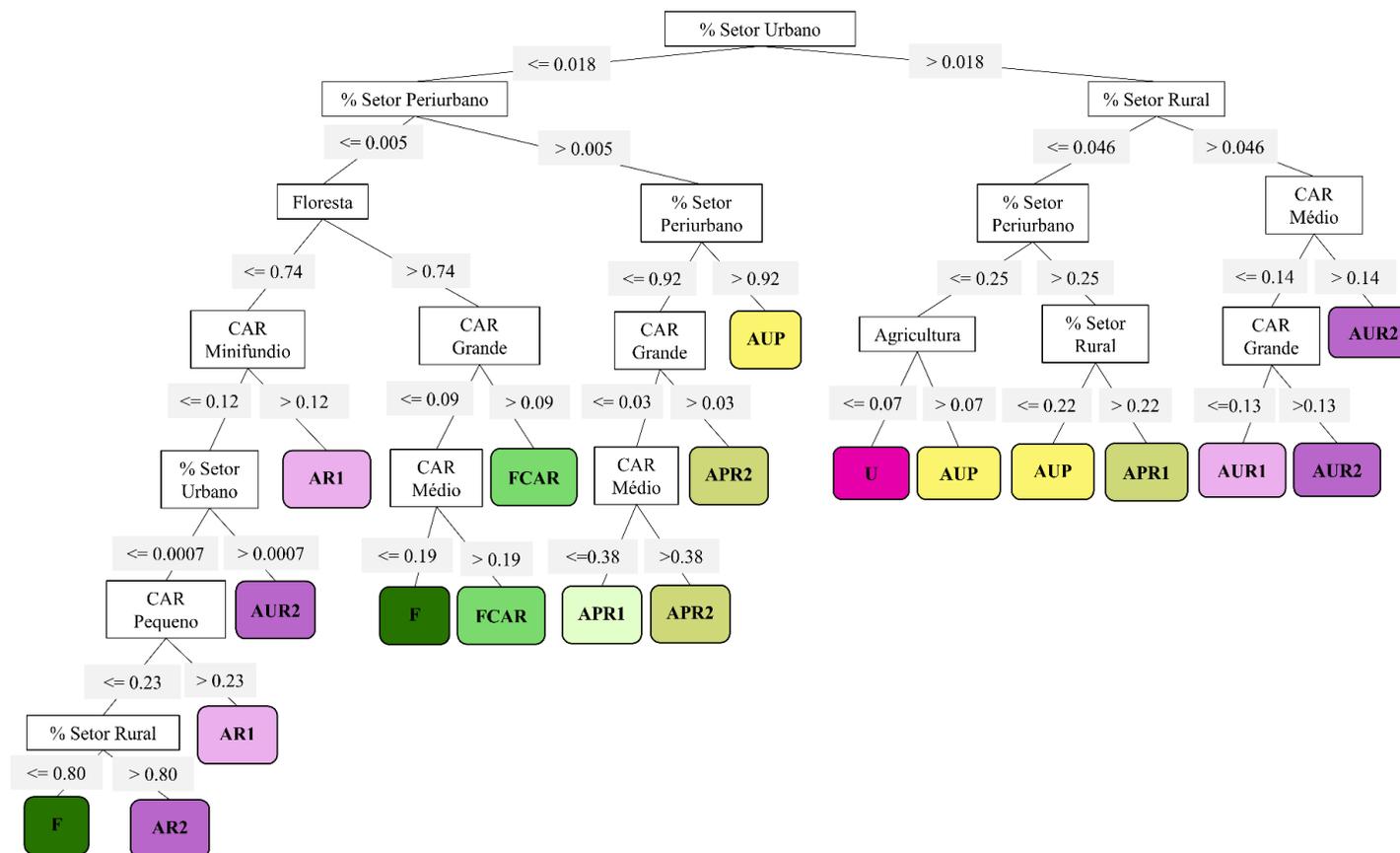
Tabela A. 2 - Conclusão.

Tremembé	8,59	6,85	6,93	4,00	3,21
Caçapava	8,49	7,48	7,82	5,74	5,67
Santo Antônio do Pinhal	8,43	8,43	8,57	3,73	3,57
Monteiro Lobato	8,41	8,41	9,78	2,26	2,21
Igaratá	8,08	7,75	8,82	7,05	7,09
Ilhabela	7,64	7,64	7,64	7,58	7,58
Bananal	7,53	7,30	6,39	2,51	1,72
Lavrinhas	7,44	7,44	8,95	1,76	1,71
Taubaté	7,23	6,53	7,01	4,22	4,34
Jambeiro	6,74	5,74	6,36	3,90	3,52
Silveiras	6,04	6,04	6,37	3,19	3,21
Pindamonhangaba	5,11	4,99	5,47	3,46	3,45
Lagoinha	4,84	4,84	5,22	2,63	2,69
Paraibuna	4,81	4,81	5,23	2,67	2,66
Roseira	4,32	3,61	3,61	2,09	1,43
Aparecida	2,62	2,62	2,62	1,23	0,90
Campos do Jordão	2,48	2,48	2,48	1,01	1,02
Total Geral	12,30	11,27	8,58	4,56	4,41

Fonte: Produção da autora.

APÊNDICE B – ÁRVORE DE DECISÃO

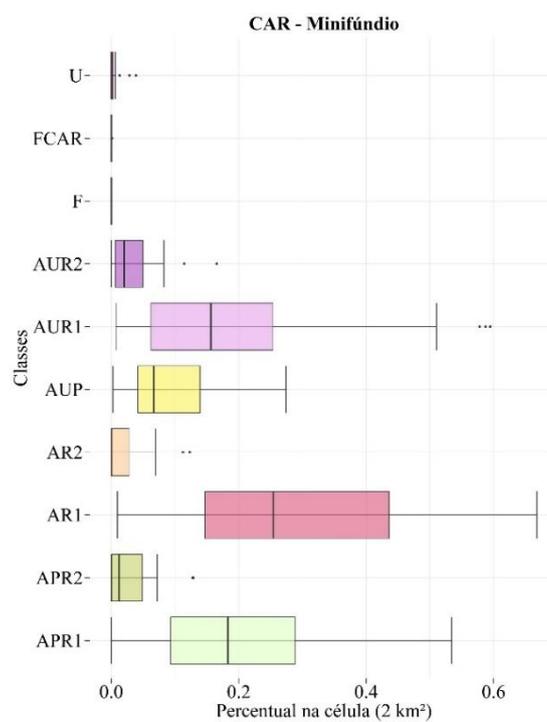
Figura B. 1 – Exemplo de uma das árvores de decisão com menor ocorrência de erro na avaliação dos dados de teste.



Fonte: Produção da autora.

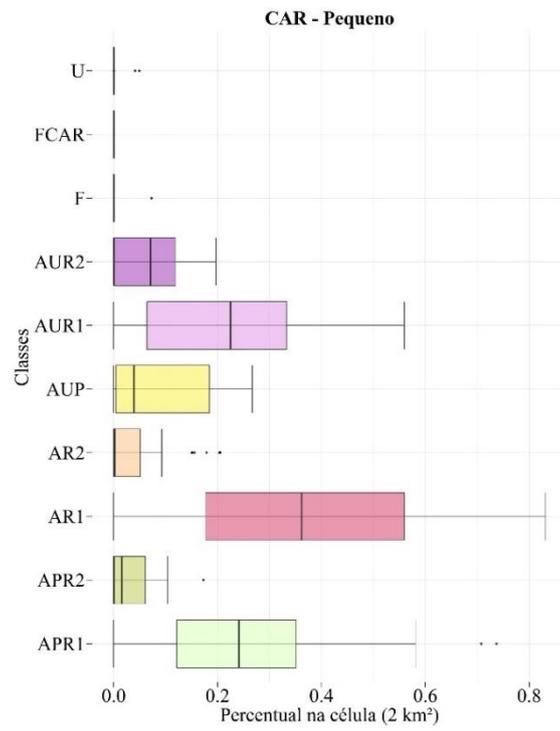
APÊNDICE C – BOXPLOTS DO PERFIL DAS VARIÁVEIS DAS AMOSTRAS DE TREINAMENTO PARA CADA UMA DAS CLASSES DAS TIPOLOGIAS

Figura C. 1 - Boxplot CAR Minifúndio.



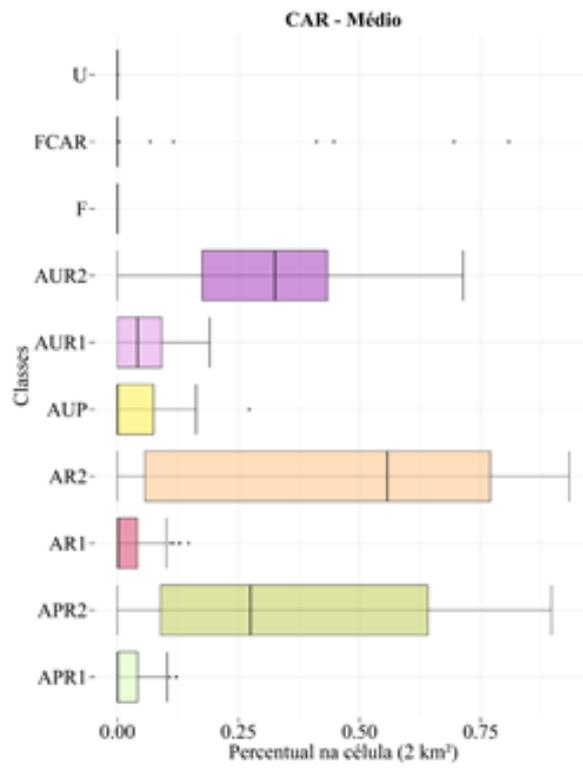
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 2 - Boxplot CAR Pequeno.



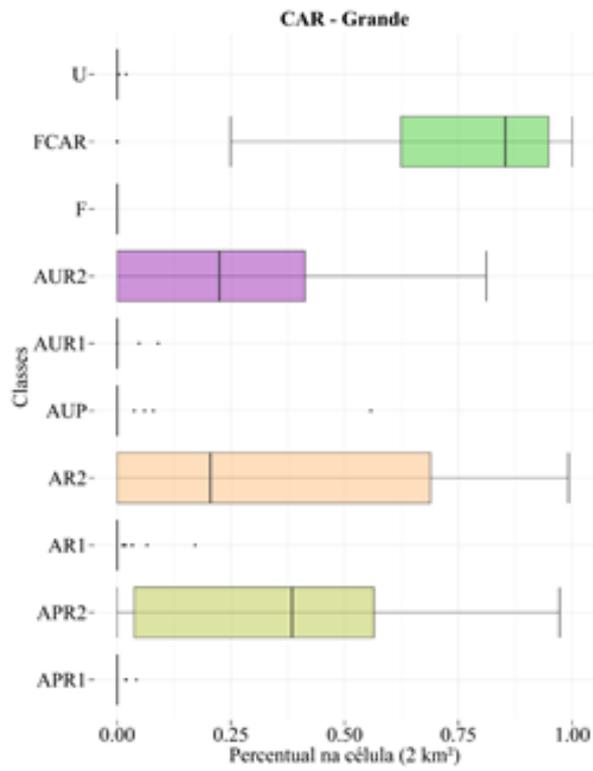
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 3 - Boxplot CAR Médio.



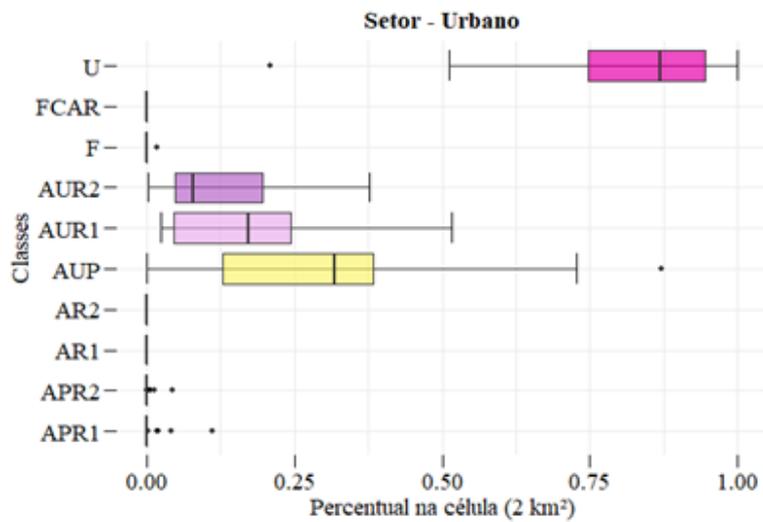
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 4 - Boxplot CAR Grande.



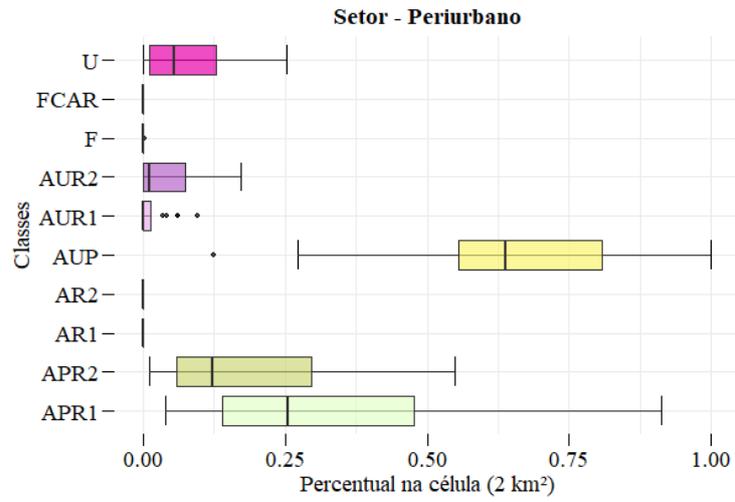
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 5 - Boxplot setor urbano.



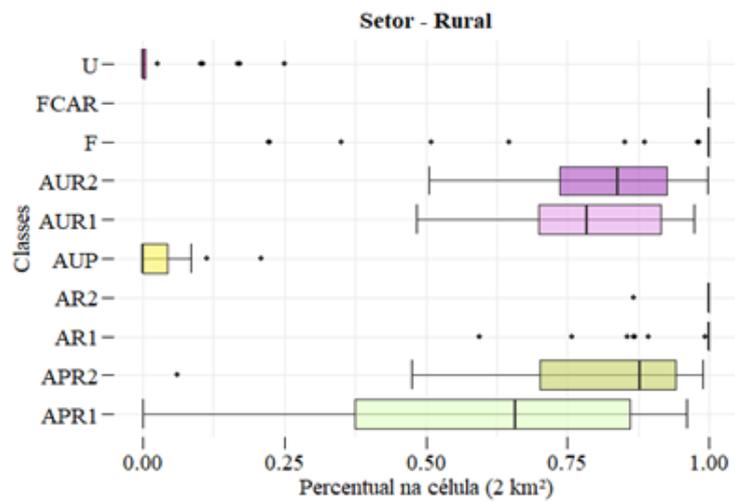
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 6 - Boxplot setor periurbano.



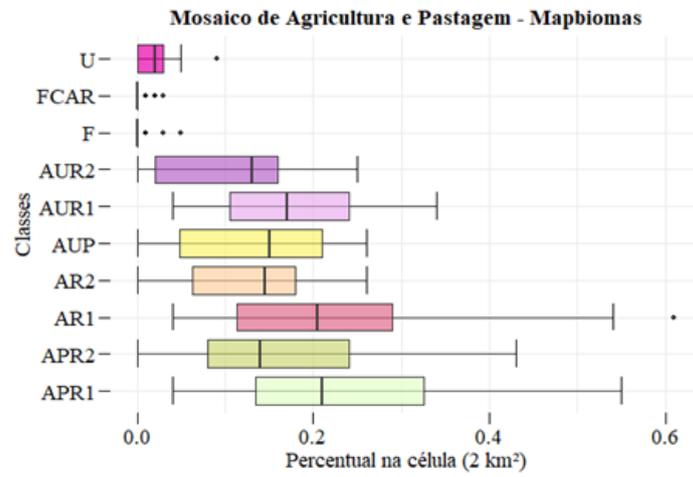
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 7 - Boxplot setor rural.



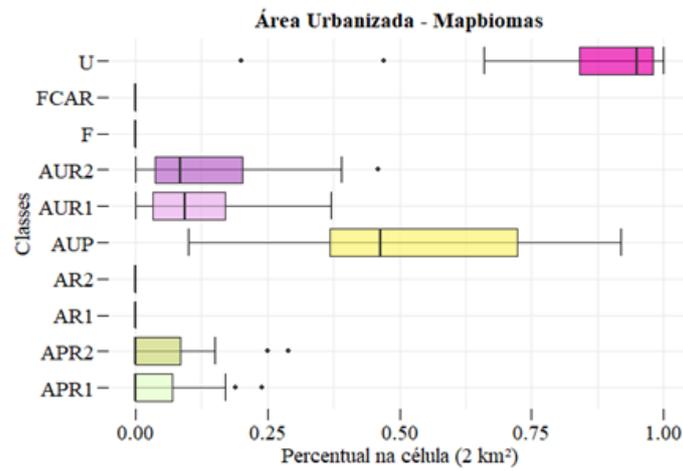
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 8 - Boxplot classe "Mosaico de Agricultura e Pastagem".



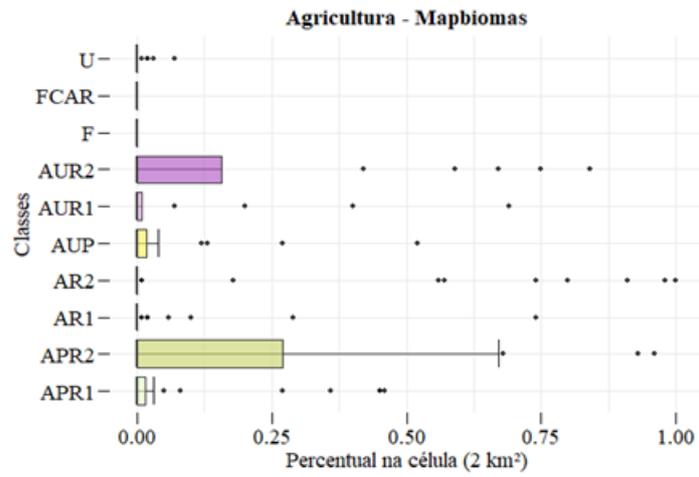
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 9 - Boxplot classe "Área Urbanizada".



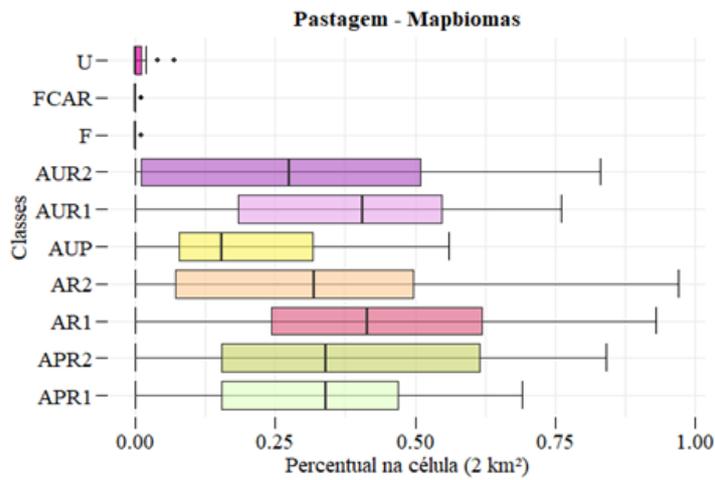
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 10 - Boxplot classe "Agricultura".



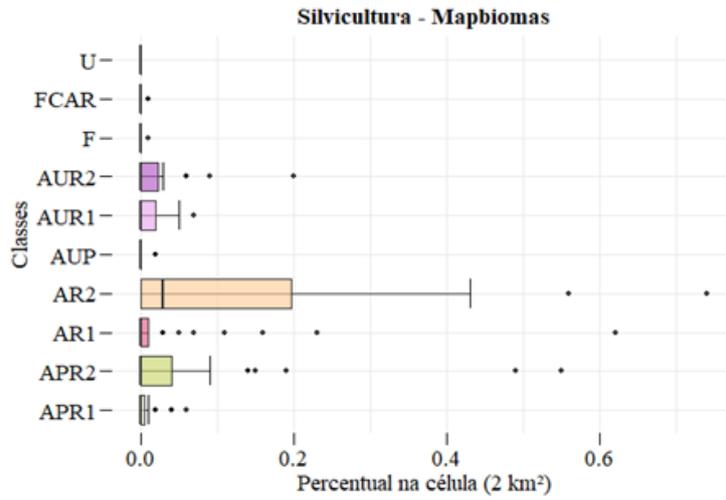
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 11 - Boxplot classe "Pastagem".



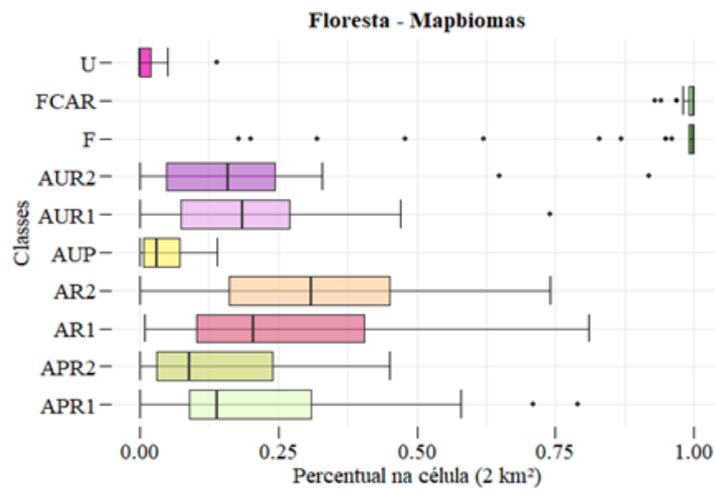
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 12 - Boxplot classe "Silvicultura".



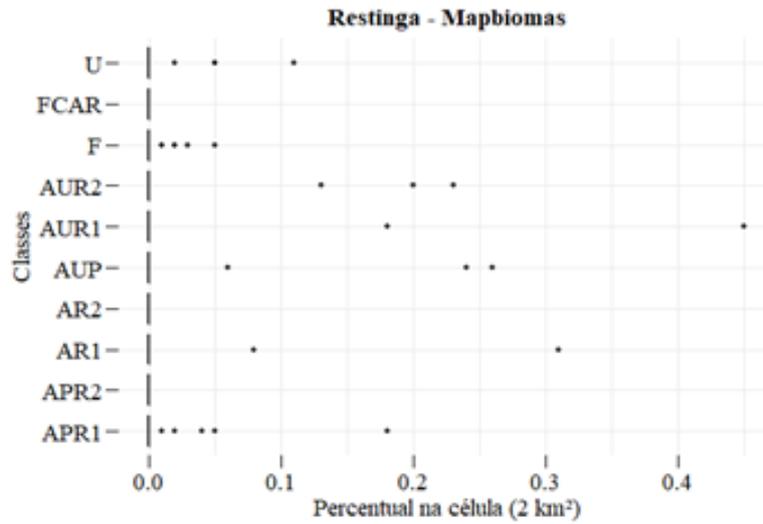
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 13 - Boxplot classe "Floresta".



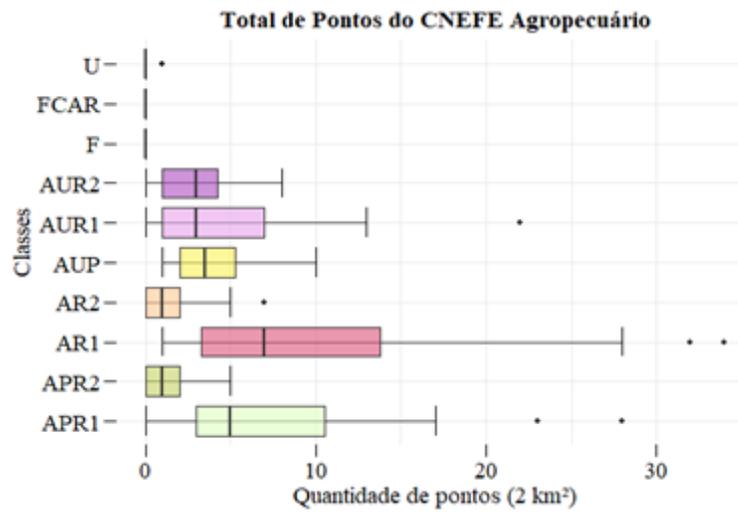
Fonte: Produção da autora.

Figura C. 14 - Boxplot classe "Restinga".



Fonte: Produção da autora.

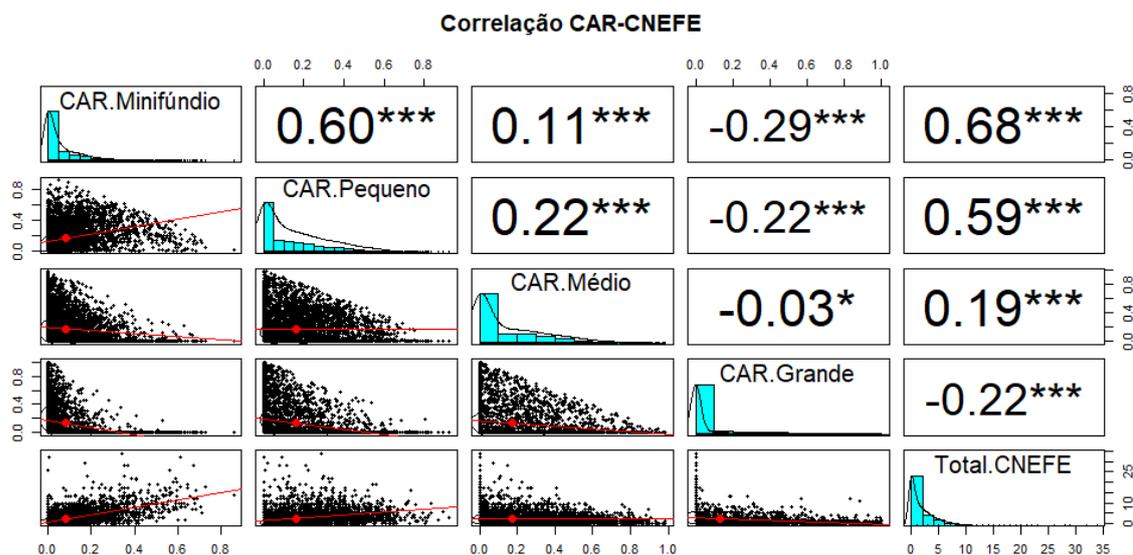
Figura C. 15 - Boxplot do total de pontos do CNEFE Agropecuário.



Fonte: Produção da autora.

APÊNDICE D – ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS CLASSES DE IMÓVEIS DO CAR E O TOTAL DE PONTOS DO CNEFE AGROPECUÁRIO.

Figura D. 1 - Análise de correlação entre o percentual de cada classe de imóveis CAR (minifúndios, pequenos, médios e grandes imóveis) e o total de pontos do CNEFE agropecuário presentes nas células de 2km x 2km.



Descrição: (*) Resultado significativo a <0,05 nível de significância; (***) Resultado significativo a <0,001 nível de significância.

Fonte: Produção da autora.