ANÁLISE TEMPORAL DO USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE RONDA ALTA, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2020

Odirvan GRITTI[1]
Romario TRENTIN[2]

RESUMO

Entender as modificações no uso do solo de um município é de grande importância, pois permite compreender as demandas sociais e auxilia no ordenamento territorial, além de possibilitar a definição de políticas públicas adequadas. Este trabalho tem como objetivo mapear o uso do solo no município de Ronda Alta, estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1985 e 2020. Para tanto, foram empregadas séries temporais do MapBiomas coleção 7 dos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, combinados por semelhanças de usos e sobrepostos para identificar as mudanças ocorridas ao longo da série temporal, com uso das geotecnologias do *Google Earth Engine* e do QGIS. Merecem destaque o crescimento contínuo da área urbana, em todas as séries, além da queda de área da classe vegetação campestre na década 2010-2020, aumento significativo da classe agropecuária na mesma década e uma redução na classe da formação florestal. A redução da classe formação florestal na última década contraria o que afirma a legislação ambiental, Lei n° 10.651/2012, fazendo necessária a busca por ações que promovam o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Cobertura e uso do solo. MapBiomas. QGIS.

[1] Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
[2] Docente na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

TEMPORAL ANALYSIS OF LAND USE IN THE MUNICIPALITY OF RONDA ALTA, STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BETWEEN THE YEARS OF 1985 AND 2020

ABSTRACT

Understanding changes in land use in a municipality is of great importance, as it allows understanding social demands and assists in territorial planning, in addition to allowing the definition of appropriate public policies. This work aims to map land use in the municipality of Ronda Alta, state of Rio Grande do Sul, between the years 1985 and 2020. For this purpose, time series from MapBiomas collection 7 from the years 1985, 1990, 2000, 2010 and 2020 were used, combined by similarities in use and overlapping to identify changes that occurred throughout the time series, using Google Earth Engine and QGIS geotechnologies. It is worth highlighting the continuous growth of the urban area, in all series, in addition to the drop in the area of the rural vegetation class in the 2010-2020 decade, a significant increase in the agricultural class in the same decade and a reduction in the forest formation class. The reduction in the forestry class in the last decade contradicts what environmental legislation states, Law 10,651/2012, making it necessary to search for actions that promote sustainable development.

Keywords: Land cover and land use. MapBiomas. QGIS.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos, juntamente com a necessidade de um aumento na produção, cresceu de forma considerável ao longo dos anos, tanto para consumo próprio como para geração de capital e renda. Uma das formas encontradas para tornar isso possível foi expandir as áreas destinadas para a produção. Nesse processo de ampliação das áreas agricultáveis, ocorreram alterações nas formas de uso do solo, em que áreas de floresta, áreas de ocupação natural, passaram a ser utilizadas para fins agrícolas.

Mudanças na dinâmica de uso do solo, provocadas pela ação antrópica, acarretam grandes alterações na paisagem (Silva; Da Silva; Silva, 2016). Neste sentido, verificam-se as várias coberturas e usos, que antes eram ocupadas por vegetação natural e que foram convertidas em áreas antropizadas (Gutierrez *et al*., 2017). A agricultura, a expansão urbana e a pecuária são alguns fatores que levam a esse processo e, como forma de atenuar suas consequências, o monitoramento do uso do solo torna-se cada vez mais importante (Fiorio; Nakai; Batagin, 2019).

O mapeamento do uso do solo de uma determinada região é de grande relevância para o entendimento da organização do espaço e das mudanças ocorridas, uma vez que o ambiente está em constantes mudanças em razão do aumento das atividades antrópicas (Brito; Prudente, 2005). Informações referentes ao uso do solo representam suas mudanças, sendo obtidas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, alcançadas por intermédio de imagens digitais extraídas de sensores a bordo de satélites (Sommer; Saldanha, 2012).

Sobre o monitoramento da paisagem e sua importância:

> O monitoramento da paisagem de uma dada região é fator primordial no planejamento racional de utilização da terra, face principalmente a velocidade de ocupação do espaço físico e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes. Diante desse quadro, os produtos de sensoriamento remoto orbital têm sido importantes não só na aquisição primária de informações como no inventário e gerenciamento da paisagem agroflorestal em países de dimensões continentais, como o Brasil (Assad; Sano, 1998, p. 351).

O uso das imagens de sensoriamento orbital viabiliza as análises do espaço geográfico em caráter multitemporal, uma vez que permite investigar as transformações no território em nível regional e local (Sommer; Saldanha, 2012). Para Brito e Prudente (2005), dentre as vantagens de

usar o sensoriamento remoto para interpretação do uso do solo natural, está a capacidade das informações poderem ser atualizadas devido a características de repetição de aquisição delas.

O mapeamento do uso do solo fazendo o emprego de ferramentas e técnicas de sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto possui grande relevância científica para o estudo das interações entre os seres humanos com o ambiente, onde estão inseridos, e, dessa forma, podem ser gerados produtos de interesse à ciência e à sociedade, bem como ser facilitada a percepção dos dados e melhorar o planejamento em um determinado local. (Santos; Brito, 2021).

No Brasil, um país de dimensões continentais, o maior e mais conhecido estudo que faz uso de imagens de satélite para o monitoramento do uso e cobertura da terra em todo o território é o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, MapBiomas. Com o propósito de revelar as transformações do território brasileiro por meio da ciência, ele busca, com precisão, agilidade, qualidade e alto grau de automação, tornar acessível o conhecimento sobre o uso e cobertura da terra para a conservação e a sustentabilidade dos recursos naturais (Mapbiomas, 2023.)

Para tanto, foi necessário aderir a uma nomenclatura que abrangesse todos os elementos associados à análise espacial dos elementos do terreno. (Martínez; Mollicone, 2012). O projeto, então, adotou alguns conceitos baseados em estudos de Martínez e Mollicone (2012) e que, segundo Souza *et al.* (2020) podem ser definidos como cobertura do solo, referindo-se às características da superfície da Terra e uso do solo que, por sua vez, está ligado às interações dos seres humanos com as superfícies terrestres. Dessa forma, o presente trabalho optou pelo emprego das definições conceituais associadas aos termos “uso do solo”, mesmo que, em outras aplicações, distintas definições conceituais sejam empregadas, como é o caso do projeto MapBiomas, que utiliza o emprego das definições de cobertura e uso da terra.

Outro estudo que faz uso de análises de séries temporais é o de Sommer e Saldanha (2012), que utiliza imagens do satélite LANDSAT 5 dos anos de 1985 e 2009 para o município de São José dos Ausentes, no Rio Grande do Sul, com geração de imagens NDVI, composição colorida, classificação supervisionada, dentre outras técnicas, para a geração de mapas de uso do solo da região. Os dados indicam a redução da classe de mata nativa nesse intervalo de tempo e larga expansão da classe florestamento. O decréscimo da área de campo e a indicação de estratégias para a manutenção das propriedades frente a restrições econômicas e de manejos, o plantio de floresta

exótica de *Pinus* sp consorciado com atividades tradicionais contribuem para as mudanças na paisagem.

Duarte, Mendonça e Bonfanti. (2021) realizaram um estudo sobre a dinâmica do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Pimenta, na região sudeste do estado de Rondônia. Nesse caso, foram avaliadas as mudanças do uso do solo na bacia citada entre as décadas de 1990 e 2019, utilizando os anos base de 1990, 2000, 2010 e 2019. Tendo como referência uma matriz de transição histórica, foram elaborados cenários futuros para os anos de 2030 e 2040. Os resultados demonstraram uma grande perda de área florestal, principalmente, na primeira década de estudo, para a implantação de pastagens, seguidas pela agricultura. Na simulação para o cenário futuro, o modelo previu que mais de 800 km^2 de vegetação florestal serão substituídos até 2040 para o estabelecimento de atividades ligadas à agropecuária pouco produtiva.

Neste sentido, este estudo tem como objetivo mapear o uso do solo no município de Ronda Alta, estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1985 e 2020, além de elaborar um comparativo de alterações dos usos ao longo dos anos, a partir dos dados disponibilizados pelo MapBiomas, utilizando o *software* QGIS para a elaboração dos mapas e como ferramenta para auxiliar a dinâmica e compreensão dos dados ao longo do período estudado.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Ronda Alta está localizado na porção norte do Rio Grande do Sul, nas coordenadas 27°39'34" a 27°56'54"de latitude sul e 52º34'19" 52º53'57"de longitude oeste, com uma altitude média de 450 metros em relação ao nível do mar. De forma mais geral, está inserida na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense e Microrregião de Passo Fundo, tendo exatamente Passo Fundo como a cidade de maior influência para serviços de saúde e educação (IBGE, 2021).

Quanto às características climáticas, segundo a classificação climática do Rio Grande do Sul, realizada por Rossato (2011), o que predomina em Ronda Alta é o Clima Subtropical IVa: muito úmido, com inverno fresco e verão quente, uma subclassificação do Clima Subtropical IV: muito úmido. Ele é encontrado na unidade geomorfológica do planalto Basáltico, nas regiões Norte e Noroeste, no vale do Rio Uruguai (Rossato, 2011).

Como características, esse clima recebe menor influência dos sistemas polares e maior influência dos sistemas tropicais marítimos e continentais. Seu regime de chuva está entre 1.700 e 1.900 mm distribuídos entre 110 e 140 dias do ano, sendo que se percebe uma redução nos índices de precipitação durante os meses de inverno. A altitude é um dos fatores que favorece o volume de precipitações, juntamente com os sistemas atmosféricos associados. Essa região possui, devido ao seu posicionamento, as médias de temperaturas mais altas do estado, caracterizando os verões quentes e os invernos amenos (Rossato, 2011).

Quanto às características físicas do município e no que se refere à geomorfologia, Ronda Alta está inserida no denominado Planalto Dissecado do Rio Uruguai. Situado mais ao norte e noroeste do Rio Grande do Sul e em partes do estado de Santa Catarina, ele é constituído, na sua grande maioria, por derrames vulcânicos da formação Serra Geral, tendo sua composição formada por basaltos e andesitos. Com altitudes médias variando entre 300 e 700 metros, predominam as superfícies planálticas desenhadas pela rede de drenagem do Rio Uruguai, onde se destacam os rios Apuané, Erechim, Passo Fundo, Ijuí, dentre outros (Viero; Silva, 2010). A Figura 1 apresenta a localização da área do estudo em relação ao estado do Rio Grande do Sul e aos municípios vizinhos.

Quanto à vegetação, o que predomina, na maior parte do seu território, é o bioma Mata Atlântica, porém, na porção mais ao sul, encontra-se o Pampa, demonstrando que essa região faz parte de uma transição entre ambos (IBGE, 2021).

No que se refere a tipos e características do solo no Planalto Dissecado, encontram-se os Latossolos Vermelhos Distroférricos. Há, também, a ocorrência de Latossolos Vermelhos Distróficos, Argissolos Vermelhos Distróficos, assim como manchas de solo em que a fertilidade é boa, como Nitossolos Vermelhos Eutróficos (Viero; Silva, 2010). Os Latossolos são típicos de regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo, ademais, em zonas subtropicais em relevo relativamente plano e suave ondulado, ainda que possa ser encontrado em relevo mais acidentado. Sua origem é a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos em condições de clima e tipos de vegetações dos mais variados (Santos *et al.*, 2018).

Os Argissolos são constituídos por material mineral, cuja característica diferencial é a presença de um incremento no teor de argila do horizonte superficial para o B. Têm sua profundidade variável e são de forte a moderadamente ácidos (Santos *et al.*, 2018). Por sua vez, os Nitossolos possuem horizonte B expresso em termos de grau de desenvolvimento estrutural e são, geralmente, moderadamente ácidos a ácidos (Santos *et al.*, 2018).

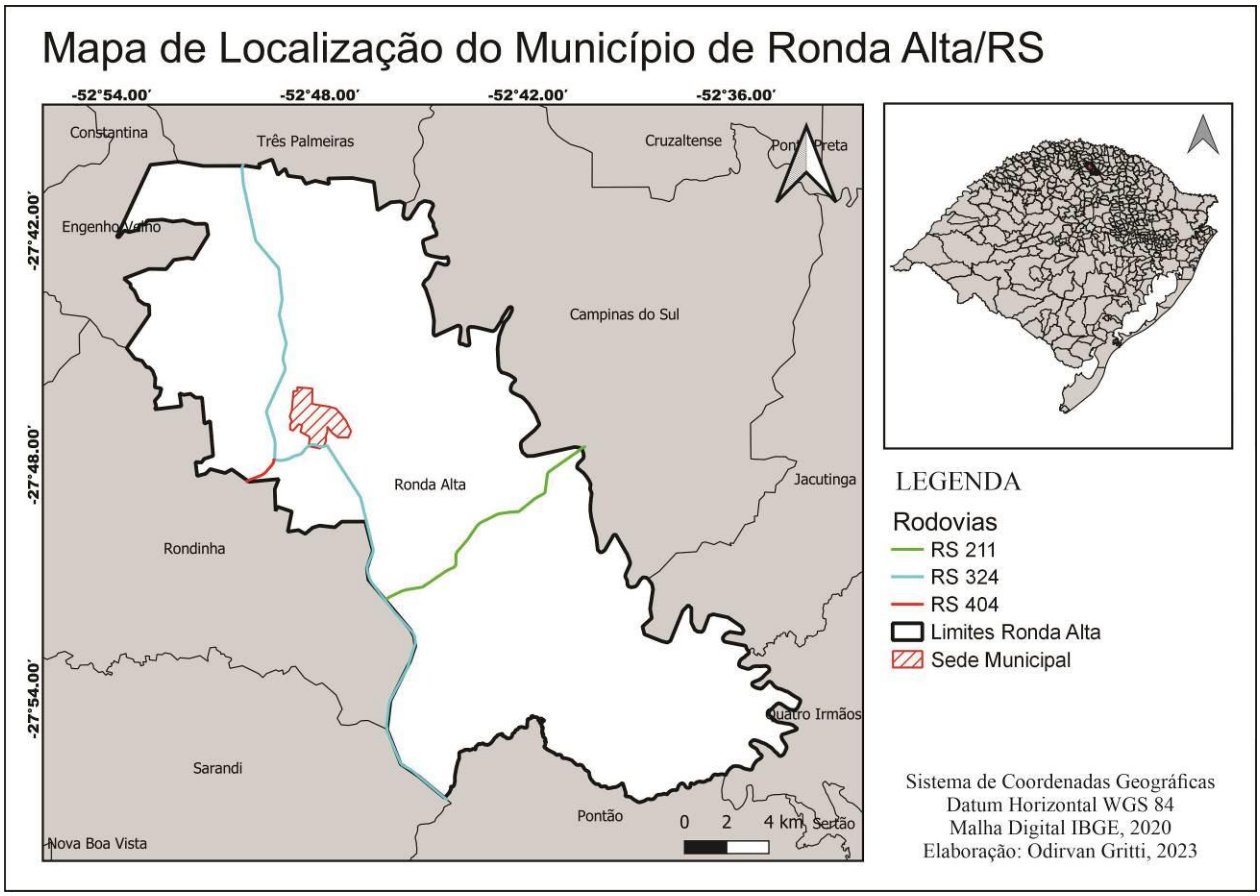

Figura 1 - Localização da área de estudo
Fonte: IBGE, 2022. Organizado pelos autores.

Uma das características do Planalto Dissecado do Rio Uruguai é a incorporação de vastas áreas para as atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais, tendo destaque o cultivo e o processamento de milho, trigo e soja (Viero; Silva, 2010). Assim, Ronda Alta destaca-se como importante produtora de grãos na região, em que está inserida. Sua economia é baseada na agricultura, tendo como base a produção das culturas de verão, soja e milho e, de inverno, principalmente, trigo. Os setores da indústria e serviços são pouco desenvolvidos, sendo necessária a busca de alguns deles em municípios vizinhos (IBGE, 2021).

3 METODOLOGIA

Os dados quantitativos referentes às classes de uso do solo para o município de Ronda Alta/RS foram obtidos gratuitamente por meio do projeto MapBiomas versão 7.0, que se deu por intermédio da plataforma *Google Earth Engine*. Os dados de uso e cobertura do solo do MapBiomas são produzidos a partir de imagens do satélite LANDSAT, com uma resolução espacial de 30 metros. Os mapas anuais de uso do solo, com a série histórica entre os anos de 1985 e 2020, são disponibilizados para download gratuito na plataforma do projeto ou *Google Earth Engine* (MapBiomas, 2023).

Para a realização deste estudo, foram utilizados os dados de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020. Foram realizados os downloads, de cada um dos anos citados, pela plataforma do *Google Earth Engine* e, como área de recorte, foi utilizado o limite do município de Ronda Alta. Os arquivos originais, em formato *raster*, foram convertidos em *vetores* e as classes reagrupadas conforme grau de semelhança. Para todo o processo de produção dos mapas, foi utilizado o *software* QGIS. Como foi organizado o agrupamento de algumas classes para melhor contextualizar os usos do município, conforme já mencionado anteriormente, optou-se pela adoção dos termos uso do solo para as análises do presente trabalho.

As classes obtidas para o recorte territorial foram formação florestal, silvicultura, campo alagado, formação campestre, pastagem, mosaico de usos, área urbanizada, outras áreas não vegetadas, rio (lago ou oceano), soja e outras lavouras temporárias, totalizando onze classes. Por fim, elas foram suprimidas e agrupadas conforme suas semelhanças da seguinte forma:

- Formação florestal: agrupamento das classes formação florestal e silvicultura, composta por árvores de maior porte;
- Formação campestre: agrupamento das classes formação campestre e campo alagado, composta por vegetação de pequeno porte e estrato arbustivo herbáceo rasteiro;
- Área urbana: composta pela classe área urbanizada. Compreende as áreas urbanizadas, com características de superfícies não vegetadas, como edificações, estradas, loteamentos para fins turísticos, dentre outros, com características semelhantes e que são considerados perímetro urbano perante a Lei;

- Áreas não vegetadas: composta pela classe não vegetada. Classes mistas, que incluem áreas agrícolas, silos para a armazenagem de grão, comunidades e ginásios de comunidades de interior, que possuem o mínimo de características de urbanização, porém não estão inclusas no perímetro urbano;
- Recursos Hídricos: compreendem as classes rios, lagos e oceano, composta por rios, reservatório para fins de produção de energia elétrica e outros corpos d´água;
- Agropecuária: agrupamento das classes pastagem, mosaico de usos, soja e outras lavouras temporárias. Compreende as áreas destinadas para a produção agrícola e pecuária, de cultivo anual, como milho, soja, trigo, dentre outras variedades.

Para a confecção dos mapas de transformações de uso foi utilizado o *plugin SCP, Land Cover Change.* Ele faz um comparativo entre dois produtos, uma referência e outro novo, comparando o que permanece igual e o que muda de classe. Como resultado final, é gerado um produto com o que foi mantido e o que foi alterado, originando, assim, um mapa de transformações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicia-se a análise do uso do solo de Ronda Alta disponibilizado pelo Mapbiomas com o ano de 1985, o primeiro ano disponibilizado pela plataforma. A partir da Figura 2A, e da Tabela 1, pode-se identificar que a classe de uso do solo predominante, com ampla diferença para a segunda classe, já naquele ano, estava a agropecuária, com uma área de 311,98 km^2, ou 74,52% da área total do município. Nessa classe, ficam destacadas atividades que envolvem agricultura, com a produção das culturas anuais como soja, milho e trigo, pastagens para fins pecuários e outros usos destinados à produção agrícola. No mapa, essa classe encontra-se na cor amarela. A Tabela 1 indica a representatividade de cada classe no total do território do município, em km² e percentual. A Figura 3 demonstra o percentual de cada classe dentro do respectivo ano de levantamento dos dados.

A segunda classe com maior área territorial é a da formação florestal. Ela é composta, basicamente, por florestas com um patamar mais elevado de vegetação, áreas remanescentes de vegetação nativa. Conta com uma área de 44,62 km^2, ou 10,66% do total. A próxima classe com

maior representatividade é a dos recursos hídricos. Essa classe possui uma representatividade tão alta devido à parte do reservatório da Usina Hidrelétrica do Rio Passo Fundo estar localizada dentro do território do município. Essa classe, tem um total de 38,49 km^2 ou 9,19% da área territorial total.

A próxima classe em representatividade é a formação campestre, com 22,37 km^2 de área ou 5,34% do total. Nessa classe, estão inseridas as áreas de campo, vegetação com predominância rasteira ou gramíneas, assim como áreas que podem ser consideradas para criação de gado em pastagem baixa ou grama, denominadas potreiros.

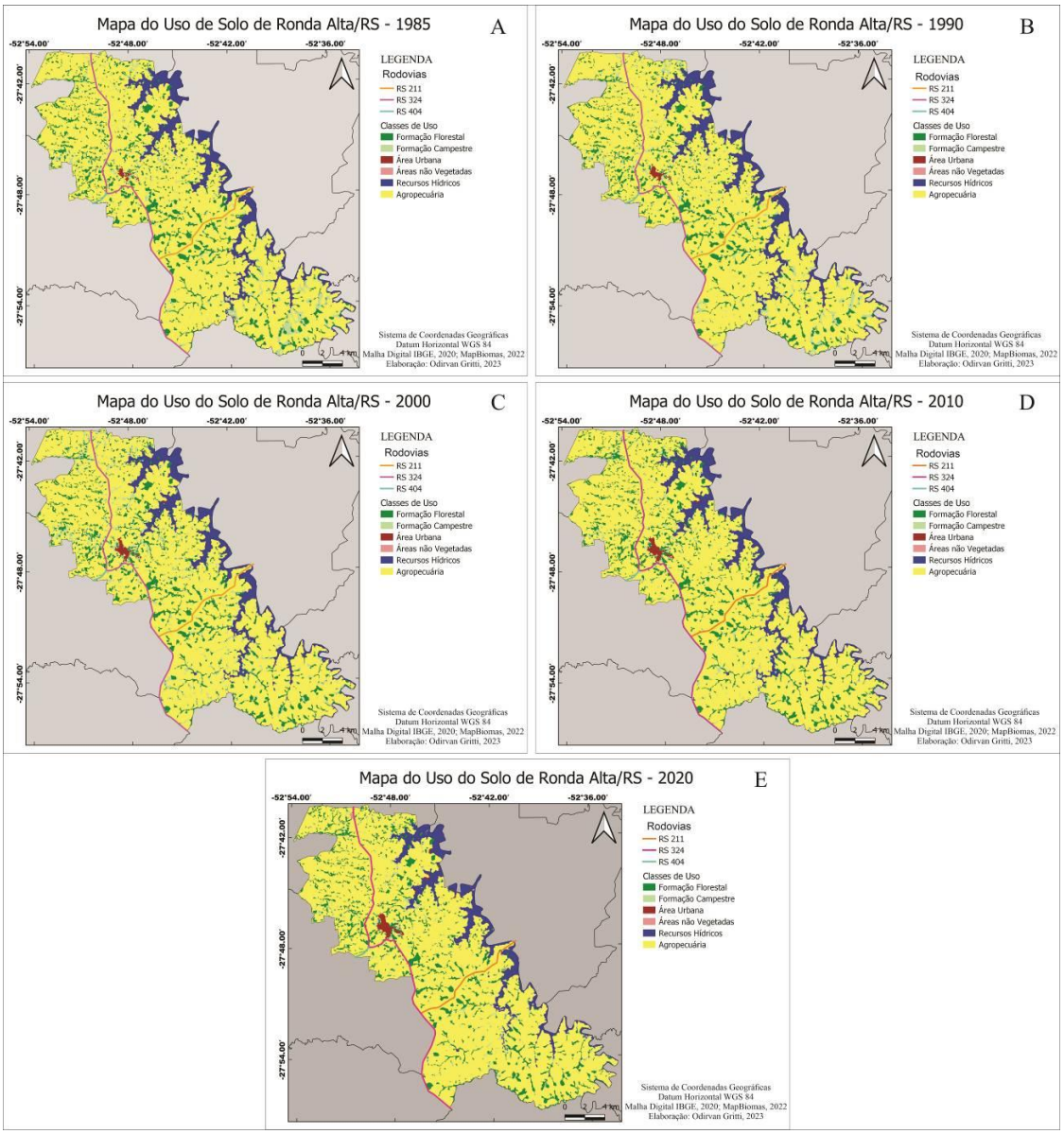

Figura 2 - Mapa do Uso do Solo de Ronda Alta/RS no ano de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020
Fonte: Mapbiomas, adaptado pelos autores, 2023.

A classe de área urbana é composta pela cidade. Conta com uma área de 0,75 km^2 ou 0,18% de toda a área territorial. A classe não vegetada é composta por áreas que são ocupadas por algum tipo de construção, como silos para a estocagem de grãos, aglomerações de residências que não fazem parte do perímetro urbano e até mesmo de construções rurais para fins de moradias e proteção de maquinário agrícola. Essa classe possui 0,25 km^2 de área ou 0,06% da área total.

Tabela 1 - Representação da área que cada classe ocupa dentro do município de Ronda Alta/RS

Classe de Uso do solo	1985		1990		2000		2010		2020	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
Formação florestal	44,62	10,66	41,40	9,89	43,53	10,40	44,24	10,57	42,74	10,21
Formação campestre	22,37	5,34	21,58	5,15	26,35	6,29	13,13	3,14	11,95	2,85
Área Urbana	0,75	0,18	1,06	0,25	1,61	0,38	2,04	0,49	2,71	0,65
Áreas não vegetadas	0,25	0,06	0,13	0,03	0,13	0,03	0,34	0,08	1,14	0,27
Recursos hídricos	38,49	9,19	39,41	9,41	36,97	8,83	37,08	8,86	31,59	7,55
Agropecuária	311,98	74,52	314,87	75,22	309,90	74,02	321,67	76,82	328,36	78,43
Sem dados	0,21	0,05	0,22	0,05	0,19	0,05	0,17	0,04	0,18	0,04

Fonte: Autores, 2023.

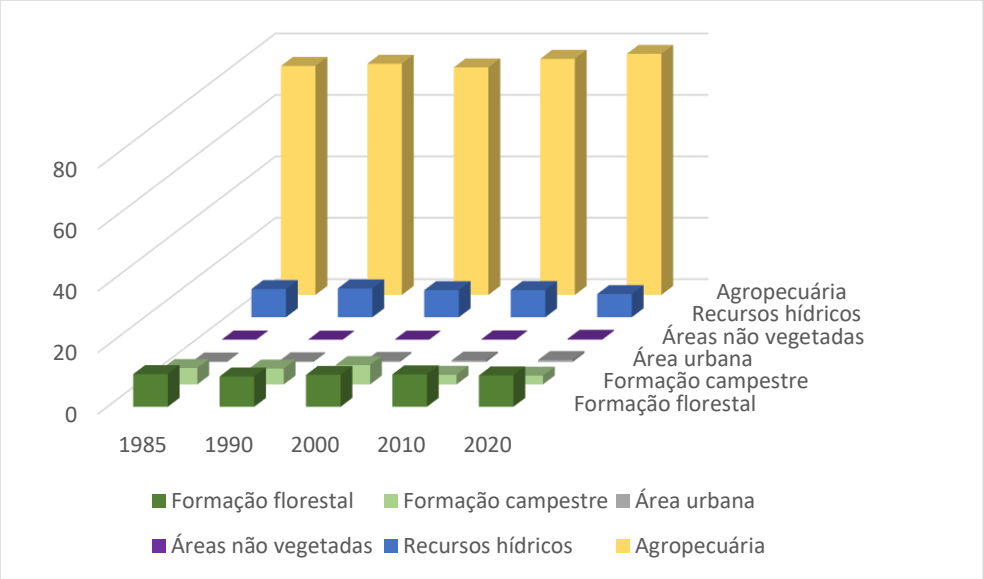

Figura 3 - Representação das classes dentro dos respectivos anos, em percentual
Fonte: Autores, 2023.

A Figura 2B apresenta o Mapa de Uso do Solo de Ronda Alta para o ano de 1990. A partir dele, identifica-se retração na área de vegetação florestal densa, para uma área de 41,40 km^2 ou 9,89% de todo o território. A classe de agropecuária teve um acréscimo de área de 2,89 km^2, passando para 314,87 km^2, ou 75,22% da área territorial total. A classe de formação campestre teve uma redução de área para 21,58 km^2 ou 5,15% da área total. A classe das áreas não vegetadas também teve uma redução na sua área, para 0,13 km^2 ou 0,03%, ocorrendo uma redução de aproximadamente 50% do que possuía na avaliação anterior. A área sem dados manteve-se sem alterações.

As últimas duas classes tiveram um aumento de área. Os recursos hídricos podem ser explicados pelo regime de chuvas e energia elétrica produzida pela usina, uma vez que é variável dependendo da demanda. Teve um incremento de área para 39,41km^2 ou 9,41% do total. A área urbana seguiu a tendência de aumento que ocorreu nos demais municípios no entorno, passando para 1,06km^2 ou 0,25% da área total.

Para o ano de 2000, o Mapa de Uso do Solo de 2000, Figura 2C, traz a ilustração sobre como as classes ficaram distribuídas dentro do município. Duas classes tiveram significativas reduções nas suas áreas. Os recursos hídricos, como mencionado anteriormente, devido ao regime de chuvas e à produção da usina hidrelétrica, tiveram decréscimo para 36,97km^2 ou 8,83% do total. A agropecuária reduziu sua área significativamente para 309,90 km^2 ou 74,02% do seu território. Isso pode ser explicado devido à desapropriação de áreas ao norte do município em virtude da implantação da Reserva Indígena da Serrinha.

A classe de outras áreas não vegetadas manteve os mesmos percentuais do ano de 1985, havendo uma estabilização. As classes de formação florestal e formação campestre tiveram um acréscimo de, respectivamente, 43,53 km^2 ou 10,40% e 26,34 km^2 ou 6,29%. A área urbana manteve a tendência de crescimento da verificação anterior, subindo para 1,61 km^2 ou 0,38%.

Já em 2010, tem-se a representação das classes de uso no Mapa de uso do solo de 2010, Figura 2D. Nela, identifica-se uma redução substancial, em torno de 50%, da classe de formação campestre, passando para 13,13km^2 de área, ou 3,14%, sendo a única classe que apresentou redução de área. A formação florestal apresentou um leve aumento, para 44,24 km^2 de área, assim como outras áreas não vegetadas, para 0,34 km^2, área urbana, com 2,04 km^2 e a classe que teve o maior aumento nesse intervalo temporal de 10 anos foi a agropecuária, dando um salto para 321,67 km^2. Os recursos hídricos tiveram um pequeno aumento, para 37,08 km^2.

Para o ano de 2020, a última da análise temporal, tem-se a Figura 2E. Para esse ano, os dados indicam uma redução na classe de formação florestal, para 42,74 km^2. Outra classe que teve redução na área foi a de formação campestre, passando para 11,95 km^2. A classe referente aos recursos hídricos teve uma significativa redução, para 31,59 km^2.

Quatro classes apresentaram alta em sua área, mais significativamente a agropecuária, que passou para 328,36 km^2. A classe de outras áreas não florestadas teve um crescimento acima de 200%, para 1,14 km^2, o que indica um aumento na detecção de construções de grande porte em áreas rurais, construção de unidades de armazenamento de grãos. O crescimento dos índices da classe área urbana, para 2,71 km^2, além do aumento da área da cidade, também ocorre a regularização de vários loteamentos, antes irregulares, nas margens o reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Fundo (UHPF), para fins de lazer e atividades turísticas.

A Figura 4 demonstra o comportamento de cada classe ao longo da sequência temporal, em forma de gráficos, sendo que a unidade de medida utilizada é o quilometro quadrado. Percebe-se que a única classe que segue um padrão de crescimento contínuo é a da área urbana. Duarte, Mendonça e Bonfanti. (2021), em seu estudo, identificaram um comportamento semelhante de crescimento da área urbana a partir dos anos 2000 até 2019, porém uma redução de área entre 1990 e 2000. No caso de Ronda Alta, o menor índice de crescimento deu-se entre 1990 e 2000, com apenas 0,35 km^2, enquanto, no intervalo de 1985 a 1990, esse número foi de 0,31 km^2 , ou seja, áreas parecidas em um intervalo de tempo menor, isto é, apenas cinco anos. A maior taxa de expansão ocorreu entre as décadas de 2010 e 2020, com um aumento de 0,67 km^2. Isso deixa claro que o crescimento da área urbana segue, porém, de forma lenta, o ritmo de uma cidade de pequeno porte.

A classe de áreas não vegetadas apresenta uma linha de tendência com características de concavidade. No primeiro ano, 1985, possuía 0,25 km^2 de área ocupada. No ano de 1990, houve uma redução na sua área de 0,12 km^2, passando para 0,13 km^2 e mantendo o patamar no ano de 2000. Em 2010, houve uma elevação de 0,21 km^2, passando para 0,34 km^2 e o último ano de análise, 2020, a subida foi de 0,80 km^2, passando para 1,14 km^2 de área ocupada.

A classe de recursos hídricos apresentou, de certa forma, pouca variação ao longo da sequência temporal, apenas em 2020, houve uma redução bem significativa, de 37,08 km^2 em 2010 para 31,59 km^2 em 2020, isso devido a baixos índices pluviométricos em anos anteriores e no ano da coleta dos dados.

A classe formação campestre apresentou um comportamento, quase que em toda a sequência analisada, de queda. Apenas no ano de 2000, teve uma alta, de certa forma expressiva, sendo que vinha de queda de 0,86 km^2 de 1985 para 1990 para uma subida de 4,83 km^2. Posterior a isso, em 2010, manteve menos de 50% da sua área total, passando de 26,40 km^2 para 13,13 km^2, mais precisamente, uma perda de 50,52% de área. Em 2020, o cenário de queda manteve-se, porém com números bem menos expressivos, passando dos 13,13 km ^{2} anteriores para 11,95 km^2, ou seja, uma redução de área de aproximadamente 1,18 km^2.

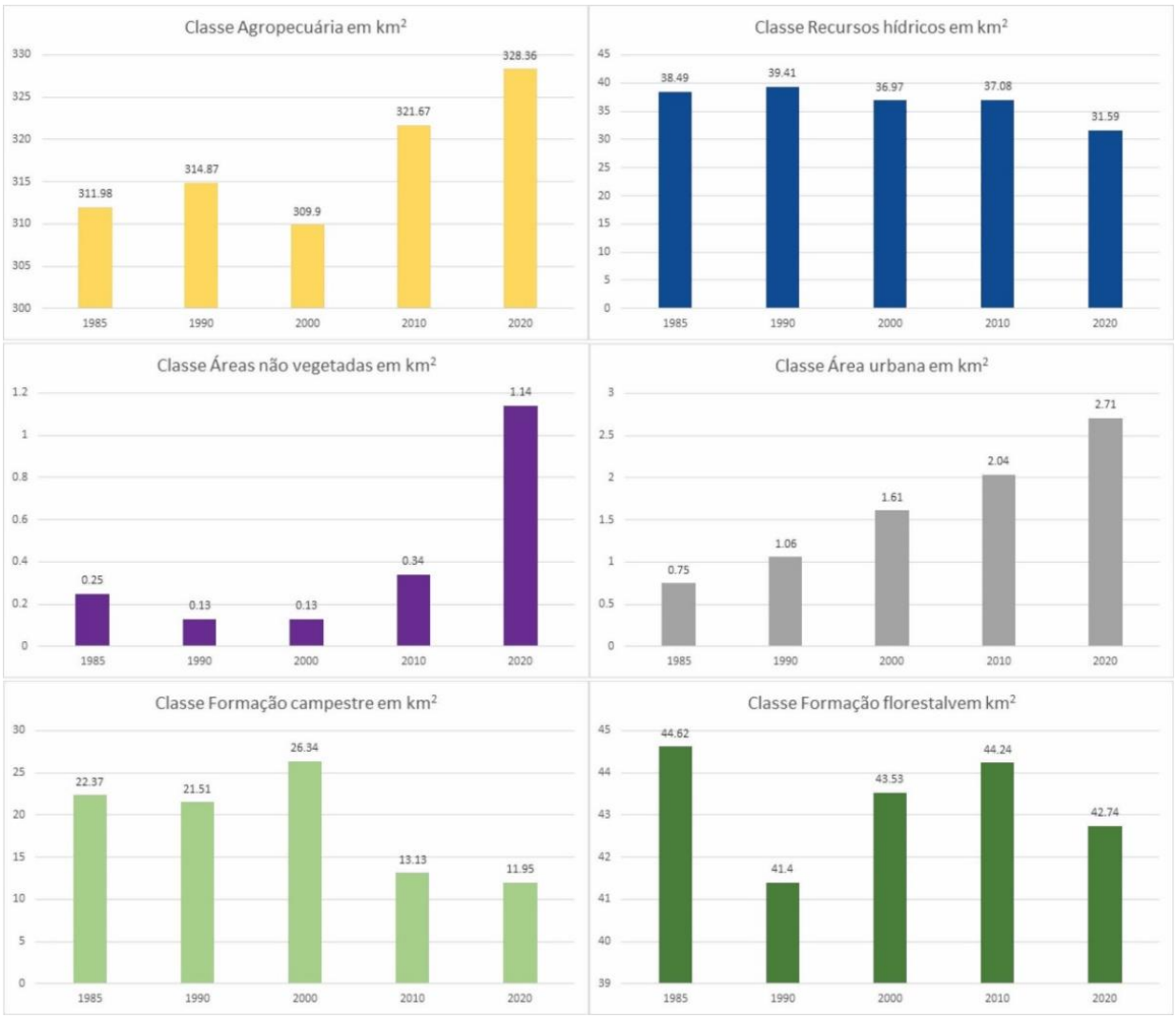

Figura 4 - Evolução de cada uma das classes de uso do solo ao longo da sequência temporal
Fonte: Autores, 2023.

No que se refere às duas classes com maiores representatividades, agropecuária e formação florestal, pode-se ver alguns pontos interessantes que ligam ambas, juntamente com a formação

campestre. Nos três primeiros anos de análise, 1985, 1990 e 2000, o comportamento do gráfico das áreas territoriais é inverso nas duas primeiras classes mencionadas, agropecuária e formação florestal, quando uma cresce a outra decresce.

Como exemplo, podem ser citados os anos de 1990, em que a área florestal diminuiu e a agropecuária aumentou, e 2020, quando o caminho foi inverso. No ano de 2010, houve uma subida dessas duas classes juntamente com a grande redução da formação campestre e, no ano de 2020, um aumento da classe agropecuária e redução das classes formação florestal, mais significante, e formação campestre, em menor quantidade.

4.1 MUDANÇAS NO USO DO SOLO ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2020

A paisagem está em constante processo de modificação, ficando evidentes disputas e a ação de atores, que, por sua vez, possuem interesses distintos. Dois principais fatores referentes às mudanças de uso do solo estão relacionados com o crescimento das cidades e avanços dos setores agropecuários e florestal, que ganharam força ao longo dos anos por meio da implementação de novas culturas e, principalmente, a expansão do agronegócio (Duarte; Mendonça; Bonfanti., 2021). Nesse contexto de mudanças de uso do solo, o município de Ronda Alta também fez parte desse processo no decorrer dos anos. A Figura 5 apresenta o mapa das mudanças de uso do solo ao longo da série temporal e indica os locais onde ocorreram essas transições.

A Tabela 2 representa a matriz de transição das classes dentro do espaço temporal 1985-2020, sendo que a última coluna demonstra a área em quilômetros quadrados que cada classe possuía no ano de 1985. A última linha indica o total que cada classe possuía no ano de 2020. As linhas indicadas pelas setas vermelhas mostram quanto cada classe perdeu para as demais, sendo que o que se manteve inalterado ficou destacado em negrito. As colunas indicam quanto cada classe somou de área das demais, como o que é apontado pela seta verde. As classes de uso foram abreviadas para ocupar um espaço menor no quadro e seu significado foi destacado no título da tabela.

Referente à classe de formação florestal, quem mais cedeu área para formar a composição atual foi a agropecuária, com 7,15 km ^{2} e, no sentido inverso, a formação florestal cedeu 11,40 km^2 para a agropecuária, indicando, apenas nessas duas classes, mudança de classe em favor da agropecuária. A área de vegetação sem alteração também pode ser considerada grande, 31,61 km^2,

a segunda maior sem alteração, perdendo apenas para a agropecuária, com 298,36 km^2, a maior dentre todas as classes.

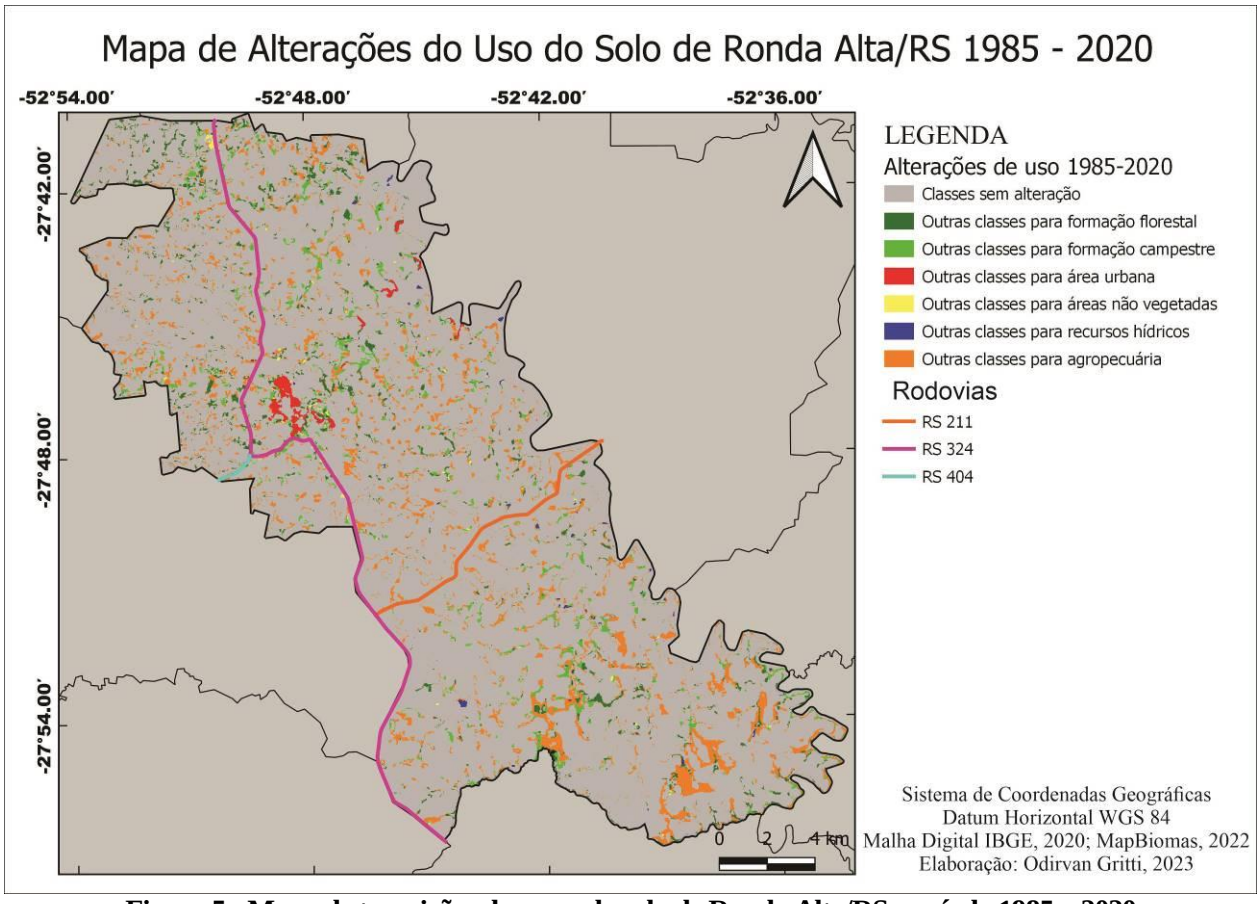

Figura 5 - Mapa de transições dos usos do solo de Ronda Alta/RS, período 1985 – 2020
Fonte: Mapbiomas 2023, organizada pelos autores.

Tabela 1 - Dinâmica das principais conversões entre as classes dos anos de 1985 e 2020. FF = Formação Florestal, FC = Formação Campestre, AU = Área Urbana, ANV = Área Não Vegetada, RH = Recursos Hídricos, A.P = Agropecuária. Unidade de medida km^2

Classes	FF	FC	AU	ANV	RH	AP	Total 1985
FF	**31,61**	1,20	0,12	0,02	0,09	11,40	44,44
FC	3,30	**3,50**	0,25	0,12	0,08	15,09	22,34
AU	0	0	**0,75**	0	0	0	0,75
ANV	0	0,03	0,03	**0,06**	0	0,13	0,25
RH	0,47	2,46	0,15	0,33	**31,21**	3,87	38,19
AP	7,15	4,73	1,41	0,62	0,15	**298,36**	312,42

Total 2020	42,53	11,92	2,71	1,15	31,53	328,85 **(418,69)**	**418,39**

Fonte: Autores, 2022.

Com relação à classe área urbanizada, por se tratar de um município de porte pequeno, cuja economia é baseada no setor primário, o crescimento dessa classe deu-se sempre de forma positiva, porém com áreas pequenas, se comparada com alguns outros índices. Nessa classe, 0,75 km^2 ficaram inalterados, de um total de 2,71 km^2 que são contabilizados hoje. Nesses números, estão incluídos os loteamentos urbanos nas margens do alago da Barragem da UHPF, com destaque para o crescimento após os anos 2000.

Na classe dos recursos hídricos, cabe o destaque, novamente, à sua grande área devido à instalação da Barragem da UHPF, que se mantém até os dias de hoje para a geração de energia elétrica. A medida que ocorre variação no nível da água, reduzindo a sua capacidade pela produção, índices de pluviosidade, controle e mesmo a evapotranspiração, uma vez que a lâmina de água é muito extensa, e permanece por meses ou até mesmo anos em cota mais baixa, uma vegetação rasteira, com características de gramíneas, capim e até mesmo vegetação arbustiva ou de baixo porte toma conta dessas áreas, fazendo com que haja uma mudança temporária no uso, principalmente, para a classe vegetação campestre, pela sua composição, como explicado anteriormente.

Outra classe que teve uma elevação nos números foi a de áreas não vegetadas. Com características semelhantes às da área urbanizada, porém não faz parte do perímetro urbano, ela é composta por pequenas comunidades do interior e por construções. Estas, por sua vez, destinadas para a armazenagem de grão e proteção de máquinas agrícolas, observando seus índices, nota-se um crescimento, principalmente, após a década de 2010. Em 1985, totalizava apenas 0,02 km^2, enquanto, em 2020, passou para 0,62 km^2.

A classe formação campestre teve uma das reduções mais significativas, em torno de 53,36%, saindo de 22,34 km^2, em 1985, para 11,92 km^2 em 2020. Essas perdas estão relacionadas com o avanço da agropecuária, 4,73 km^2, sendo que essas áreas são trabalhadas para transformarem-se em agricultáveis, a classe de recursos hídricos também avançou significativamente sobre elas, com 2,46 km^2 tanto a construção de açudes como o reservatório da usina, como mencionado anteriormente, e 1,20 km^2 de transição para formação florestal, possivelmente de áreas com declividade um pouco maior, de difícil cultivo ou mesmo com a

presença de rochas mais superficiais. A Tabela 3 demonstra como foi a evolução nas transições das classes de uso do solo ao longo das décadas de 1990-2000, 2000-2010 e 2010-2020.

Na tabela de transição de áreas, percebe-se que a classe de formação florestal manteve uma certa estabilidade, seguindo para um cenário de aumento das áreas que se mantêm inalteradas, enquanto, seguindo o caminho contrário, a formação campestre vem reduzindo a quantidade de área mantida na mesma classe. As mudanças na classe formação florestal para formação campestre foram menores do que o caminho oposto.

As transições entre área urbana e formação florestal e vice-versa podem ser consideradas pequenas, tendo o maior índice entre 2010 – 2020 quando F.F cedeu 0,11 km^2 para a AU. Transformações entre ANV e FF também apresentaram números muito pequenos, quase insignificantes.

Tabela 2 - Dinâmica das principais conversões entre as classes das décadas de 1990-2000, 2000-2010 e 2010-2020. FF = Formação Florestal, FC = Formação Campestre, AU = Área Urbana, ANV = Área Não Vegetada, RH = Recursos Hídricos, AP = Agropecuária. Unidade de medida em km²

Transição	1990-2000	2000-2010	2010-2020
FF para FF	35,19	36,29	38,01
FC para FF	2,13	4,79	1,22
FF para FC	1,67	0,89	1,33
FC para FC	11,37	9,20	6,07
AU para FF	0	0	0,01
FF para AU	0,03	0,06	0,11
ANV para FF	0,01	0,01	0
FF para ANV	0	0,01	0,04
RH para FF	0,44	0,11	0,26
AU para FC	0	0	0,01
FC para AU	0,03	0,14	0,19
FF para RH	0,01	0,13	3,49
ANV para FC	0,03	0,02	4,39
FC para ANV	0,01	0,11	0,22
AP para FF	5,56	2,83	3,02
FF para AP	4,31	5,95	4,51

RH para FC	0,5	0,05	2,13
FC para RH	0,04	0,24	0,02
AU para AU	1,05	1,60	2,01
ANV para AU	0,01	0,01	0,03
ANV para ANV	0,05	0,09	0,22
AP para FC	12,71	2,89	2,32
FC para AP	7,97	11,81	5,36
RH para AU	0,01	0,01	0,13
AU para RH	0,01	0,01	0,32
AP para AU	0,47	0,21	0,25
AU para AP	0	0	0
AP para ANV	0,06	0,13	0,33
ANV para AP	0,02	0	0,03
RH para RH	36,50	35,99	31,35
AP para RH	0,33	0,62	0,12
RH para AP	1,87	0,68	2,80
AP para AP	296,25	303,75	316,14

Fonte: Autores, 2023.

Dentre os menores índices, a transição de AU para AP é a que possui os menores números nas três verificações, o resultado é zero (0), indicando uma transição nula ou praticamente insignificante. Diversas categorias também possuem números relativamente pequenos, abaixo de 0,5 km^2, como, por exemplo, ANV para AP e AP para ANV, AU para RH, ANV para AU, dentre outras. AP para FC possui uma área elevada na primeira aquisição da série temporal 1990-2000, sendo que, nas seguintes, os números diminuem e ficam entre 2,89 km^2 e 2,32 km^2.

Um ponto que cabe destaque é a área de transição de AP para FC entre 1990-2000, de 12,71 km^2 e a de FC para AP na década de 2000 para 2010, de 11,81 km^2 indicando que boa parte dessas áreas foi convertida de agropecuária para formação campestre e, na década seguinte, fez o caminho inverso, voltando a ter o uso para agropecuária. A manutenção de parte da classe de agropecuária teve uma subida em todas as décadas avaliadas, indicando que a maior parte do que havia manteve-se e algumas novas áreas foram agregadas e mantidas.

Coelho *et al.* (2014) elaboraram um estudo sobre a dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro, em que constataram uma substituição acelerada de áreas de caatinga aberta e caatinga densa, que é vegetação típica natural do semiárido, por áreas de pastagens e agricultura. Se comparado com o território de Ronda Alta, pode-se destacar essa transformação na classe de formação campestre, que é contemplada por uma vegetação rasteira e arbustiva, que foi transformada em agropecuária. Outro destaque de semelhanças nas pesquisas é a antropização de áreas, em que a classe voltada para atividades agrícolas tem um acréscimo significativo de áreas, se comparado com classes relacionadas com algum tipo de vegetação natural ou não.

Dentre os diversos trabalhos que utilizam o sensoriamento remoto para o monitoramento do uso do solo, Brito e Prudente (2005) realizaram uma análise do uso e cobertura vegetal do município de Uberlândia, em Minas Gerais, onde foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 7 dos anos de 1988 e 2002, detectando mudanças ocorridas em um intervalo de 14 anos, destacando a substituição das áreas de reflorestamento e pastagens por agricultura, especialmente culturas anuais. Nesse caso, ocorreu, como no estudo anterior, a alteração das classes que continham alguma espécie de vegetação para agropecuária, aqui, especificamente, culturas anuais, mesma situação do estudo de Ronda Alta.

Leite e Ferreira (2013) analisaram o uso do solo na Bacia hidrográfica do rio Tabuas, no município de Montes Claros, Norte de Minas Gerais, com o intuito de identificar a evolução dos componentes antrópicos e suas consequências, por meio da utilização de ferramentas de geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto e SIG. No estudo, constataram diversas mudanças ocorridas, principalmente, a substituição de mata nativa por pastagem, trazendo consequências danosas para o sistema ambiental da bacia, como perdas de solo, formação de voçorocas, menor diversidade de fauna e flora, além da diminuição na qualidade e quantidade de água.

Pontes, Marques e Marques (2012) realizaram um estudo de qualidade na água em uma microbacia hidrográfica do município de Contagem, Minas Gerais, onde foram monitorados alguns parâmetros, como pH, turbidez, oxigênio, dentre outros. No estudo, observou-se uma diminuição na concentração de alguns poluentes devido à melhoria na manutenção da vegetação ripária. Esse trabalho levanta uma questão para o trabalho realizado em Ronda Alta, que é preservação/degradação as Apps dos recursos hídricos, mais precisamente dos córregos. Sua retirada gera graves impactos para fauna e impactos referentes à qualidade da água, podendo ser

citados a proteção contra erosão e transportes de sedimento, além de agentes químicos utilizados na agricultura. Neste sentido, cabe ressaltar a necessidade de ações mitigatórias a serem aplicadas em todo o território.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ronda Alta, assim como a maioria dos municípios ao seu redor, possui uma matriz produtiva baseada no setor primário, tendo destaque a produção agropecuária, com soja, milho e trigo como carro chefe. A visão econômica de que cada vez é preciso produzir uma maior quantidade faz com que áreas que antes tinham outras finalidades passem a ser empregadas na agricultura, alterando, assim, o uso do solo.

Com o passar dos anos, várias áreas tiveram o uso do seu solo alterado. A classe de uso da área urbanizada apresentou uma curva ascendente, uma vez que, em desde o início do recorte temporal, 1985, até o final, em 2020, teve crescimento em todos os anos da análise, proporcional ao crescimento de um município de pequeno porte. A classe de uso com atividades de agropecuária teve alterações com aumentos e quedas na área, recebendo destaque a última década, quando teve um significativo aumento, para a casa dos 328 km^2.

A área da classe de uso recursos hídricos é relativamente grande e a sua queda ou seu aumento estão fortemente relacionados ao regime de chuvas, devido à área do lago da UHPF e à geração de energia elétrica pela empresa que possui a concessão da estrutura. A classe das áreas não vegetadas teve um aumento devido à ampliação das construções de grande porte de equipamentos para a armazenagens de grão, pelas construções de galpões e residências de certo porte nas áreas rurais, bem como o acréscimo de construções distritos (comunidades) do interior, que não estão integrados à área urbana.

Quanto à área de vegetação campestre, percebeu-se um crescimento entre as décadas de 1990 e 2000 e, posteriormente, entre 2000 e 2010, uma significativa redução, em torno de 50% da área, com uma pequena queda, quase uma estabilização, na última década, entre 2010 e 2020. Referente à classe de formação florestal, seu comportamento foi inverso ao da classe agropecuária, menos na década de 2000 a 2010, quando ambas aumentaram com a redução da classe formação campestre, o que indica que ambas ocuparam as partes transformadas. A redução da classe

formação florestal na última década, 2010 a 2020, impacta diretamente no levantamento da vegetação nas áreas de preservação permanentes, uma vez que podem ter sido atingidas pela supressão da vegetação.

6 REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; SANO E. E. **Sistemas de Informações Geográficas:** aplicações na agricultura. 2. Ed. Brasília: SPI/Embrapa, 1998. 434p.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D.. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlância - MG, utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7. **Sociedade & Natureza**, Sl, v. 17, p. 37-36, jun. 2005. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9164/5633 . Acesso em: 21 fev. 2022.

COELHO, V. H. R. *et al*. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L], v. 18, p. 64-72, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7hTsMfpbbPzGYzMTWwP6spw/?format=pdf&lang=pt . Acesso em: 22 abr. 2023.

DUARTE, M. L.; MENDONÇA, J. F.; BONFANTI, D. C. Dinâmica do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio Pimenta, região sudeste do Estado de Rondônia: avaliação e cenários futuros. **Sociedade e Território.** [S L.], v. 33, n. 1, p. 54–71, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/22270 . Acesso em: 26 fev. 2023.

FIORIO, P. R.; NAKAI, É. S.; BATAGIN, B.. Temporal Analysis of Soil Use and Occupation of Stream Watershed in Piracicaba (SP), Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 179-187, 25 mar. 2019. Instituto de Geociencias - UFRJ. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/29981. Acesso em: 01 maio 2023.

GUTIERREZ, C. B. B. *et al*. Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais. **Revista Brasileira de Geografia Física** [S.L.] v.10, n.01 p. 521-534, 2017. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/233806/27340 . Acesso em: 05 jan. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**: município de ronda alta. Município de Ronda Alta. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/ronda-alta/panorama. Acesso em: 25 nov. 2021.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F. F. Análise espaço-temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Tabuas, Norte de Minas Gerais, com a aplicação das Geotecnologias. **Revista Brasileira de Geografia Física** [S.L] v. 06, n.02 p. 184-194, 2013 Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/232876/26867 . Acesso em: 05 jan. 2023.

MAPBIOMAS. O Projeto. [s. l.], 2023. Disponível em: https://mapbiomas.org/o-projeto. Acesso em: 10 mar. 2023.

MARTÍNEZ, Susana; MOLLICONE, Danilo. From Land Cover to Land Use: a methodology to assess land use from remote sensing data. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 1024-1045, 2012. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/4/4/1024. Acesso em: 22 abr. 2023.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F.. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/6GHv8VYSLbfKNnqGjXhG83c/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 10 mar. 2023.

ROSSATO, M. S. **Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, Tendências e tipologia**. 2011. 240f. Tese (Doutorado em Geografia).- Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/32620 . Acesso em: 10 jan. 2023.

SANTOS, H. G. D *et al*. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília - DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, L. A. C.; BRITO, T. R. do C. Análise temporal do uso e cobertura do solo da capital brasileira do amianto: Minaço, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L] v.14, n.03, p. 1443-1452, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244716/39077. Acesso em: 22 abr. 2023.

SILVA, J. S., DA SILVA, R. M., SILVA, A. M.. Mudanças do Uso e Ocupação do Solo e Degradação Eco-Ambiental Usando Imagens Orbitais: o estudo de caso da bacia do Rio Bacanga, São Luís (MA). **Revista Brasileira de Geografia Física,** [S.L], v. 09, p. 265-279, 2016.

Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233518/27174 . Acesso em: 05 jan.2023.

SOMMER, J. A. P.; SALDANHA, D. L.. Análise Temporal do Uso e Cobertura dos Solos no Município de São Jose dos Ausentes, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 18-32, 16 maio 2012. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232749. Acesso em: 22 abr. 2023.

SOUZA, 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**, [S.L.], v. 12, n. 17, p. 2735, 25 ago. 2020.

VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. (org). **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CPRM, 2010. 250 p.; 30 cm + 1 DVD-ROM. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16774. Acesso em: 12 mar. 2022.

Data de recebimento: *26 de setembro de 2023.*
Data de aceite: *28 de março de 2024.*