



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JATAÍ
UNIDADE ACADÊMICA DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



CARINE CABRAL SOUZA

**MAPEAMENTO DA DINÂMICA TEMPORAL
(2005/2010/2015/2020) DAS ESTRADAS RURAIS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO INFLUENCIADO
PELO AUMENTO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Jataí – GO
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFJ

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Jataí (UFJ) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFJ), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data. O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFJ é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico ☒ Dissertação ☐ Tese

2. Nome completo do autor:

CARINE CABRAL SOUZA

3. Título do trabalho:

MAPEAMENTO DA DINÂMICA TEMPORAL (2005/2010/2015/2020) DAS ESTRADAS RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO INFLUENCIADO PELO AUMENTO DA PRODUÇÃO DA CANA DE AÇÚCAR.

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)
Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹ [1] Neste caso o

documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo. Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Marcia Cristina Da Cunha, Vice-Coordenadora**, em 04/03/2022, às 14:14, conforme 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 **CARINE CABRAL SOUZA, Discente**, em 04/03/2022, às 16:49, conforme 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.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2734347** e o código CRC **34D44545**.

CARINE CABRAL SOUZA

**MAPEAMENTO DA DINÂMICA TEMPORAL (2005/2010/2015/2020) DAS
ESTRADAS RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO
INFLUENCIADO PELO AUMENTO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Jataí para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Cristina da Cunha

JATAÍ – GO

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFJ.

Souza, Carine Cabral

Mapeamento da dinâmica temporal (2005/2010/2015/2020) das
estradas rurais na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso influenciado
elo aumento da produção de cana-de-açúcar / Carine Cabral Souza. -
2022.

117 f.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Cristina da Cunha.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Jataí, Unidade
Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Jataí, Programa de
Pós-Graduação em Geografia, Jataí, 2022.

Inclui mapas, fotografias, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Estradas rurais. 2. Mapeamento. 3. Cana-de-açúcar. 4. Análise
morfométrica. 5. Geotecnologias. I. Cunha, Márcia Cristina da, orient.
II. Título.

CDU 911



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO - REGIONAL JATAÍ

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 01 da sessão de Defesa de Dissertação de **Carine Cabral Souza**, que confere o título de Mestra em **Geografia**, na área de concentração em **Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro**.

Aos vinte e oito dias do mês de janeiro de 2022, a partir das 14h, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “Mapeamento da dinâmica temporal (2005/2010/2015/2020) das estradas rurais na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso influenciado pelo aumento da produção da cana de açúcar.”. Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora **Márcia Cristina da Cunha (UFJ)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Simone Marques Faria Lopes (UFJ)**, membro titular externo; Professor Doutor **Alécio Perini Martins (UFJ)**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora **Márcia Cristina da Cunha**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte e oito dias do mês de janeiro de 2022**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Marcia Cristina Da Cunha, Professora do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 16:58, conforme 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 **Alécio Perini Martins, Professor do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 16:58, conforme 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 **Simone Marques Faria Lopes, Professor do Magistério Superior**, em 28/01/2022, às 17:00, conforme 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.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2646687** e o código CRC **49D18CF2**.

Referência: Processo nº 23070.001082/2022-03

SEI nº 2646687

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre comigo me permitindo saúde e coragem para batalhar em busca de conquistas.

A toda minha família, em especial, ao meu esposo, que me ajudou diretamente na realização dos trabalhos de campo. Agradeço também aos meus pais, minha irmã, meu cunhado e meu sobrinho, que foram incentivadores da continuação dos meus estudos.

À Universidade Federal de Jataí, pela oportunidade de estudos e utilização de seus laboratórios, especialmente o Laboratório de Pedologia e Erosão de Solos - LPES e o de Geoinformação – UFJ.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela bolsa de estudos que tornou viável a minha jornada de mestrado.

Expresso minha gratidão a todos os profissionais e colegas do departamento de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Jataí, por todo o apoio que me deram ao longo da realização do meu trabalho.

Em especial, a quem colaborou diretamente comigo: minha querida orientadora Prof.^a Dr.^a Márcia Cristina da Cunha, sem a qual eu não teria concluído este mestrado, e que com muita dedicação e confiança esteve sempre me auxiliando e encorajando.

Tenho muita **GRATIDÃO** por tudo que passei e a todos que passaram comigo! **Muito Obrigada a Todos!!!**

*A perseverança não é uma longa corrida, ela é
muitas corridas curtas, uma depois da outra.*

Walter Elliott

RESUMO

Estradas rurais são faixas lineares de solo conceituadas como elementos geográficos na paisagem, as quais permitem acesso e movimentação de pessoas, veículos e animais. Os elementos da paisagem são vulneráveis a ações antrópicas e naturais, e é papel dos estudiosos geográficos incluir as estradas rurais nas análises, visto que esse é um dos elementos presentes no seu campo de atuação e tem importância significativa para a comunidade. O objetivo principal desta pesquisa foi compreender a dinâmica espacial e temporal das estradas rurais na bacia do ribeirão Paraíso (Jataí-GO), analisando se essas dinâmicas estão ou não associadas à expansão da produção de cana-de-açúcar. Como objetivos específicos, analisou-se a dinâmica espacial e temporal das estradas rurais a partir da elaboração de mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020, mapa de estradas rurais e de estradas rurais com a cana-de-açúcar da bacia do ribeirão Paraíso (Jataí-GO), com destaque para as áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar, utilizando os softwares ArcGIS e Google Earth PRO; na sequência, aplicou-se a metodologia de análise morfométrica para extrair informações sobre a rede de drenagem, os parâmetros de relevo e suas relações com a rede viária presente na bacia, através dos softwares ArcGIS e Excel; por fim, diagnosticou-se, por meio de análise empírica, o estado de conservação das estradas rurais e áreas adjacentes, analisando as relações entre as áreas degradadas e as técnicas de conservação dessas estradas. Com os mapeamentos realizados, observou-se mudanças nos usos e cobertura da terra, a pastagem deu lugar a novas áreas de cana-de-açúcar, identificadas a partir do mapa de 2010. Notou-se também que as estradas aumentaram (11,48%) nos anos de 2005 a 2020, ou seja, foram inseridas novas estradas na bacia, e quando comparadas com a cana-de-açúcar observou-se um aumento de estradas na mesma proporção que a cana-de-açúcar, que aumentou em áreas plantadas (8,14%). Em relação à análise morfométrica, identificou-se que a bacia apresenta hierarquia fluvial de quarta ordem, sua área é de 903,6 km², a densidade de drenagem é 0,45 km/km², e quando inseridas as estradas rurais na análise, a densidade de estradas em 2005 e 2010 foi de 1,7 km/km², em 2015 de 2,0 km/km² e em 2020 de 2,6 km/km², o número de cruzamento de canais fluviais e estradas em 2005 e 2010 foi de 903, em 2015 de 993,3 e em 2020 de 1.173,9, a cana-de-açúcar era inexistente em 2005, com a chegada da usina sucroenergética na região, em 2009, ela aparece no mapa de 2010 com 0,36% de área, em 2015 com 6,53% e em 2020 com 8,50%. Com o monitoramento, foi constatado que dos seis pontos analisados, três estão comprometidos, sendo que as estradas estão sem medidas de prevenção ou sem manutenção adequada, com processos erosivos na faixa de rolamento e áreas adjacentes (buracos, ravinas, ausência de sistema de drenagem), uma vez que as mesmas requerem manutenções constantes para o bom funcionamento. Conclui-se, portanto, que a cana-de-açúcar foi um fator de influência para o aumento das estradas rurais na bacia do ribeirão Paraíso, refletindo no aumento da densidade de drenagem que está diretamente relacionado ao aumento das estradas e da cana-de-açúcar. Por fim, as estradas da bacia em questão apresentam uma degradação que pode prejudicar o escoamento da produção local, causando prejuízos econômicos e dificuldade de deslocamento de pessoas e veículos.

Palavras-chaves: Estradas rurais. Mapeamento. Cana-de-açúcar. Análise Morfométrica. Geotecnologias.

ABSTRACT

Rural roads are linear strips of soil conceptualized as geographic elements in the landscape, which allow access and movement of people, vehicles and animals. Landscape elements are vulnerable to anthropic and natural actions, and it is the role of geographic scholars to include rural roads in the analyses, since this is one of the elements present in their field of activity and has significant importance for the community. The main objective of this research was to understand the spatial and temporal dynamics of rural roads in the Paraíso stream basin (Jataí-GO), analyzing whether or not these dynamics are associated with the expansion of sugarcane production. As specific objectives, the spatial and temporal dynamics of rural roads were analyzed from the elaboration of land use and land cover maps for the years 2005, 2010, 2015 and 2020, map of rural roads and rural roads with of sugar in the Paraíso stream basin (Jataí-GO), with emphasis on the areas of expansion of sugarcane cultivation, using ArcGIS and Google Earth PRO software; then, the morphometric analysis methodology was applied to extract information about the drainage network, the relief parameters and their relationships with the road network present in the basin, through ArcGIS and Excel software; Finally, through empirical analysis, the state of conservation of rural roads and adjacent areas was diagnosed, analyzing the relationship between degraded areas and the conservation techniques of these roads. With the mapping carried out, changes in land use and cover were observed, the pasture gave way to new areas of sugarcane, identified from the 2010 map. It was also noted that roads increased (11.48%) in the years 2005 to 2020, that is, new roads were inserted in the basin, and when compared to sugarcane, there was an increase in roads in the same area. proportion than sugarcane, which increased in planted areas (8.14%). Regarding the morphometric analysis, it was identified that the basin has a fourth-order river hierarchy, its area is 903.6 km², the drainage density is 0.45 km/km², and when rural roads are included in the analysis, the road density in 2005 and 2010 was 1.7 km/km², in 2015 it was 2.0 km/km² and in 2020 it was 2.6 km/km², the number of river channels and roads crossing in 2005 and 2010 was of 903, in 2015 of 993.3 and in 2020 of 1,173.9, sugarcane was non-existent in 2005, with the arrival of the sugar-energy plant in the region, in 2009, it appears on the 2010 map with 0.36 % of area, in 2015 with 6.53% and in 2020 with 8.50%. With the monitoring, it was found that of the six points analyzed, three are compromised, and the roads are without preventive measures or without adequate maintenance, with erosive processes in the roadway and adjacent areas (holes, ravines, absence of a drainage system), since they require constant maintenance for proper functioning. It is concluded, therefore, that sugarcane was an influencing factor for the increase in rural roads in the Paraíso stream basin, reflecting in the increase in drainage density that is directly related to the increase in roads and sugarcane. Finally, the roads in the basin in question have a degradation that can harm the flow of local production, causing economic losses and difficulty in moving people and vehicles.

Keywords: Rural roads. Mapping. Sugar cane. Morphometric Analysis. Geotechnologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
Mapa 1. Localização da área de estudo, bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso Jataí-Goiás, Brasil	20
CAPÍTULO I	23
Organograma 1. Procedimentos dos mapas de uso e cobertura da terra	28
Organograma 2. Procedimentos do mapa de estradas rurais	31
Organograma 3. Procedimentos do mapa de estradas rurais e cana-de-açúcar	31
Mapa 1. Uso e cobertura da terra de 2005	34
Mapa 2. Uso e cobertura da terra de 2010	35
Mapa 3. Uso e cobertura da terra de 2015	36
Mapa 4. Uso e cobertura da terra de 2020	37
Mapa 5. Mapa síntese de comparação das estradas rurais em anos: 2005, 2010, 2015 e 2020....	39
Mapa 6. Mapa síntese de comparação da cana-de-açúcar em diferentes anos: 2010, 2015 e 2020	41
CAPÍTULO II	51
Mapa 1. Número de cruzamento canais fluviais X estradas: 2005, 2010, 2015 e 2020	64
CAPÍTULO III.....	72
Mapa 1. Localização dos pontos de monitoramento	78
Mapa 2. Mapa de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso	81
Figura 1. Estado de conservação das estradas do ponto 1	84
Figura 2. Estado de conservação das estradas do ponto 1	85
Figura 3. Estado de conservação das estradas do ponto 1	86
Figura 4. Estado de conservação das estradas do ponto 1	86
Figura 5. Estado de conservação das estradas do ponto 1	87
Figura 6. Estado de conservação das estradas do ponto 1	88
Figura 7. Estado de conservação das estradas do ponto 2	89
Figura 8. Estado de conservação das estradas do ponto 2	90
Figura 9. Estado de conservação das estradas do ponto 2	90
Figura 10. Estado de conservação das estradas do ponto 2	91
Figura 11. Estado de conservação das estradas do ponto 2	92
Figura 12. Estado de conservação das estradas do ponto 2	92

Figura 13. Estado de conservação das estradas do ponto 3	93
Figura 14. Estado de conservação das estradas do ponto 3	94
Figura 15. Estado de conservação das estradas do ponto 3	95
Figura 16. Estado de conservação das estradas do ponto 3	95
Figura 17. Estado de conservação das estradas do ponto 3	96
Figura 18. Estado de conservação das estradas do ponto 3	96
Figura 19. Estado de conservação das estradas do ponto 4	98
Figura 20. Estado de conservação das estradas do ponto 4	98
Figura 21. Estado de conservação das estradas do ponto 4	99
Figura 22. Estado de conservação das estradas do ponto 4	99
Figura 23. Estado de conservação das estradas do ponto 4	100
Figura 24. Estado de conservação das estradas do ponto 4	101
Figura 25. Estado de conservação das estradas do ponto 5	102
Figura 26. Estado de conservação das estradas do ponto 5	102
Figura 27. Estado de conservação das estradas do ponto 5	103
Figura 28. Estado de conservação das estradas do ponto 5	104
Figura 29. Estado de conservação das estradas do ponto 5	104
Figura 30. Estado de conservação das estradas do ponto 5	105
Figura 31. Estado de conservação das estradas do ponto 6	106
Figura 32. Estado de conservação das estradas do ponto 6	107
Figura 33. Estado de conservação das estradas do ponto 6	108
Figura 34. Estado de conservação das estradas do ponto 6	108
Figura 35. Estado de conservação das estradas do ponto 6	109
Figura 36. Estado de conservação das estradas do ponto 6	109

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	23
Tabela 1. Dados das imagens utilizadas para os mapeamentos	28
Tabela 2. Uso e cobertura da terra	32
Tabela 3. Estradas	38
Tabela 4. Áreas de cana-de-açúcar e estradas rurais	40
CAPÍTULO II	51
Tabela 1. Índices e resultados obtidos de parâmetros morfométricos	59
CAPÍTULO III	72
Tabela 1. Características das estradas em boas e más condições de uso	79
Tabela 2. Características das estradas do ponto 1	83
Tabela 3. Características das estradas do ponto 2	88
Tabela 4. Características das estradas do ponto 3	93
Tabela 5. Características das estradas do ponto 4	97
Tabela 6. Características das estradas do ponto 5	102
Tabela 7. Características das estradas do ponto 6.....	106

LISTA DE EQUAÇÕES

CAPÍTULO II	51
Equação 1. Coeficiente de compacidade	55
Equação 2. Densidade de drenagem	56
Equação 3. Extensão do percurso superficial	56
Equação 4. Coeficiente de manutenção	56
Equação 5. Densidade de rios	57
Equação 6. Relação de relevo	57
Equação 7. Densidade de estradas	57
Equação 8. Extensão do percurso superficial interceptado pelas estradas	58

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	17
LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NAS ESTRADAS RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, JATAÍ-GO	23
1. INTRODUÇÃO	24
1.1 MATERIAIS E MÉTODOS	27
1.1.1 Mapas de uso e cobertura da terra	27
1.1.2 Mapas das estradas rurais	30
1.1.3 Mapas de estradas rurais e cana-de-açúcar	31
1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
1.2.1 Análise da dinâmica de uso e cobertura da terra	31
1.2.2 Mapeamento de estradas rurais entre os anos de 2005, 2010, 2015 e 2020	38
1.2.3 Análise da abertura de estradas rurais em áreas cultivadas com cana-de-açúcar	40
1.3 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO II - ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA REDE DE DRENAGEM E REDE VIÁRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, JATAÍ-GO	51
2. INTRODUÇÃO	52
2.1 MATERIAIS E MÉTODOS	54
2.1.1 Obtenção de dados	54
2.1.2 Parâmetros morfométricos de rede de drenagem	55
2.1.3 Parâmetros morfométricos de rede viária	57
2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
2.2.1 Informações de rede de drenagem e rede viária da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso	58
2.3 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	67

CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS ESTRADAS RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, JATAÍ-GO	72
3. INTRODUÇÃO	73
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS	75
3.1.1 Obtenção de dados	75
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
3.2.1 Caracterização do estado de conservação das estradas rurais	79
3.3 CONCLUSÃO	111
REFERÊNCIAS	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS	116

APRESENTAÇÃO

As estradas rurais, como aponta Cunha (2011), são entendidas como faixas de terreno lineares, não pavimentadas, presentes nas paisagens rurais, próprias para o deslocamento de pessoas, veículos e animais, possibilitando acesso e interligação entre regiões. São fundamentais para o desenvolvimento local em áreas rurais (FAIZ *et al.*, 2012), pois garantem a melhoria da qualidade de vida da população, constituindo-se, muitas vezes, como a única forma de acesso que os moradores têm aos serviços básicos disponibilizados em áreas urbanas, como saúde, educação, lazer, trabalho e outros (BRYCESON; BRADBURY; BRADBURY, 2008; FAIZ *et al.*, 2012).

Estradas rurais são parte importante na logística econômica, pois possibilitam acesso a áreas isoladas, permitindo trafegabilidades de materiais de correção de solo, adubação, fertilizantes, insumos, movimentação de máquinas e implementos agrícolas, o deslocamento dos produtos finais e a distribuição.

É necessário que as estradas possuam boas condições de rolamento, porém, muitas vezes, elas se encontram vulneráveis à ocorrência de processos e defeitos, devido à retirada de vegetações naturais, deixando o solo exposto. Medidas preventivas e/ou corretoras são necessárias para diminuir os impactos nessas vias de circulação.

As estradas também têm grande importância em estudos, como comprovado por Matos (2018), que deixa claro que a pesquisa “Importância das estradas vicinais para a mobilidade rural” proporcionou a obtenção de prováveis soluções para os problemas encontrados, disponibilizando informações a serem utilizadas como instrumento de melhoria das estradas citadas.

Periçato e Souza (2019) destacam que o crescente uso dos recursos naturais de forma desenfreada potencializa o desordenamento do sistema natural, e que estudos que utilizam “bacia hidrográfica como seu objeto de análise, permitem que sejam realizadas interpretações de desenvolvimento e planejamento ambiental sob ótica da análise integrada, avaliando tanto condições naturais quanto as inseridas pelo homem” (PERIÇATO; SOUZA, 2019 p. 1079).

A sociedade tem se preocupado com o ambiente e as ações antrópicas que o afetam, levando à efetivação de mais pesquisas que qualifiquem e quantifiquem os impactos da ocupação territorial (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Frente aos problemas oriundos em bacias hidrográficas a partir da implantação e manutenção de estradas rurais, a bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Jataí-GO) foi escolhida devido à presença do elemento “cana-de-açúcar”, buscando-se analisá-lo associado às estradas

rurais. O recorte temporal (2005, 2010, 2015 e 2020) foi delimitado pelo fato de a chegada da produção de cana-de-açúcar na área ter ocorrido em 2009. Buscou-se então demonstrar um cenário anterior e posterior à chegada da cana-de-açúcar e a sua dinâmica nos anos 2010, 2015 e 2020.

A cana-de-açúcar foi introduzida na área do município de Jataí-Goiás no momento de instalação da indústria do setor sucroenergético do grupo Cosan, hoje conhecida como Fundação Raízen. Muitas pesquisas são realizadas com foco em bacias hidrográficas, analisando estradas rurais e cana-de-açúcar separadamente, contudo, essas pesquisas não associam as duas variáveis, ou seja, existe uma lacuna de estudos que correlacionem as estradas rurais e o cultivo de cana-de-açúcar, surgindo daí o interesse em analisá-las neste estudo.

Assim sendo, coloca-se as seguintes perguntas norteadoras para delineamento da pesquisa:

- O aumento na área de plantio da cana-de-açúcar fez aumentar o número de estradas, mas quais as implicações disto?
- O que a morfometria apresenta quando se insere as estradas em suas análises?
- A declividade e o tipo de solo influenciam na degradação das estradas?
- Qual o grau de conservação das estradas e como estão impactando a bacia?

A hipótese é que as estradas rurais são imprescindíveis e essenciais para continuação logística e subsistência humana, e o aumento de estradas, principalmente ocasionado pela introdução da produção de cana-de-açúcar, pode gerar impactos sociais, econômicos e ambientais.

Assim, o objetivo geral da pesquisa foi compreender a dinâmica espacial e temporal das estradas rurais na bacia do ribeirão Paraíso (Jataí-GO), analisando se essas dinâmicas estão ou não associadas à expansão do plantio de cana-de-açúcar. Como objetivos específicos, analisou-se a dinâmica espacial e temporal das estradas rurais a partir da elaboração de mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 da bacia do ribeirão Paraíso (Jataí-GO), com destaque para as áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar; aplicou-se a metodologia de análise morfométrica para extrair informações sobre a rede de drenagem, os parâmetros de relevo e suas relações com a rede viária presente na bacia; diagnosticou-se, por meio de análise empírica, o estado de conservação das estradas rurais e áreas adjacentes, analisando as relações entre áreas degradadas e técnicas de conservação das estradas.

O trabalho foi dividido em capítulos no formato de artigos para facilitar a compreensão do leitor:

O capítulo I apresenta os mapeamentos com foco na dinâmica temporal (2005, 2010, 2015 e 2020) das estradas rurais e áreas com cana-de-açúcar, com destaque para a relação entre o aumento de estradas e o aumento de áreas cultivadas.

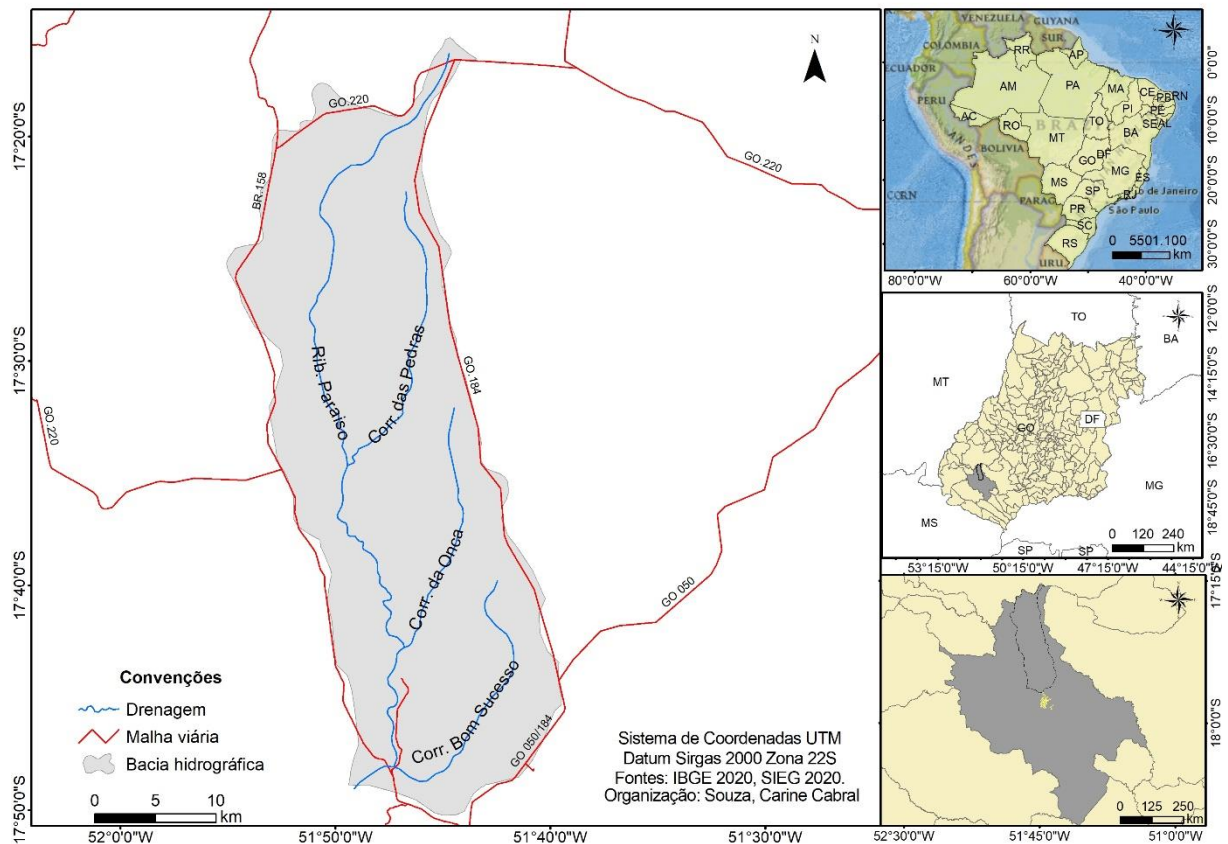
O capítulo II abrange uma análise morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, com uma pesquisa quantitativa que demonstra uma relação direta entre o aumento da densidade de drenagem associado a densidade de estradas.

O capítulo III relaciona os pontos de monitoramento com as caracterizações das estradas rurais, apresentando os principais problemas, defeitos e impactos encontrados nessas vias, fatores que contribuem negativamente com as mesmas.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, localizada no município de Jataí (Mapa 1), região Sudoeste de Goiás. Possui uma área de 903,6 km² e está inserida na bacia do rio Claro, que tem 13.500 km² e nasce na Serra do Caiapó, no município de Caiapônia (também a sudoeste do Estado de Goiás), e desagua no rio Paranaíba (ASSMANN, 2016).

Mapa 1 – Localização da área de estudo, bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso Jataí-Goiás, Brasil



Fonte: IBGE, SIEG (2020).

Elaboração: A autora (2021).

Em Jataí, o clima é classificado como “AW” quente com chuva de verão, conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (DUBREUIL *et al.*, 2018). Possui índices pluviométricos anuais variando de 1600mm a 1700mm, e temperaturas médias de 18°C a 32°C (INMET, 2020). No município, encontra-se predominantemente o bioma Cerrado e remanescentes florestais, ou seja, áreas nativas, que estão associadas à maior umidade do ar (MELO; DIAS, 2019).

De acordo com Assmann (2016), geologicamente, a bacia do ribeirão Paraíso é representada pelas Formações Botucatu e Serra Geral (Grupo São Bento) e Corumbataí (Grupo Passa-Dois), além de coberturas detríticas indiferenciadas e depósitos aluvionares.

Em relação à geomorfologia, a região possui relevos tabulares gerados sobre camadas de rochas horizontalizadas desenvolvidas nas rochas sedimentares da bacia do Paraná, desenvolve-se principalmente sobre basaltos da Formação Serra Geral e apresenta um relevo com ótimas condições de recarga e circulação das águas infiltradas, aumentando a condutividade hidráulica (GOIÁS, 2006).

A região tem sua área recoberta por solos distribuídos em seis ordens dentro do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013): Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos, Gleissolos e Nitossolos. Cerca de 73% dos solos são classificados como latossolos, seguidos pelos cambissolos, que representam cerca de 12% da área.

Segundo Coelho *et al.* (2002), os latossolos são característicos de regiões equatoriais e tropicais, geralmente de terrenos levemente ondulados e planos. São solos resultantes de energéticas transformações no material originário ou oriundos de sedimentos pré-intemperizados onde predominam, na fração argila, minerais nos últimos estádios de intemperismo (caulinitas, óxidos de ferro e alumínio), sendo a fração areia dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo. Os Latossolos são classificados como solos extremamente evoluídos por apresentarem poucos minerais primários e secundários.

De acordo com Martins (2012), o relevo destaca que o município tem superfície relativamente plana, o que é um fator facilitador para ocupação das terras com lavouras comerciais, tornando-se um dos maiores produtores de grãos do Estado de Goiás. “Aproximadamente 95% da área é classificada como Superfície Regional de Aplainamento, com cotas altimétricas variando de 650 a 1000 metros” (MARTINS, 2012, p.16).

As características da bacia do ribeirão Paraíso e região estão diretamente relacionadas ao objeto de estudo (estradas rurais) do presente trabalho, sendo o clima, a geologia, o tipo de relevo e o solo caracterizações que influenciam de forma significativa a conservação das estradas rurais.

REFERÊNCIAS

- ASSMANN, S. M. **Na beira do rio tem uma plantação:** estudando o novo código florestal na bacia do Ribeirão Paraíso, Jataí – GO. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, 2016.
- COELHO, M. R. *et al.* O recurso natural do solo. In: MANZATTO, C. V. (org.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174 p.
- DUBREUIL, V.; FANTE, K. P; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 37, 2018.
- FARIAS, J. F. Aporte teórico e metodológico da geocologia das paisagens para os estudos em bacias hidrográficas. **Revista Equador (UFPI)**, v. 9, n. 2, p.19-33, 2020. ISSN: 2317-3491.

GOIÁS. Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Indústria de Comércio, 2006.

GONÇALVES, G. G. G. *et al.* Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 797-808, out./dez. 2011.

MATOS, L. C. A. **Importância das Estradas Vicinais para a Mobilidade Rural em Feira de Santana (BA)**. 2018. Relatório de Iniciação Científica - Feira de Santana, Bahia. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, 2018.

MELO, B. M.; DIAS, D. P. Microclima e conforto térmico de remanescentes florestais urbanos no município de Jataí – GO. **REVSBAU**, Curitiba – PR, v. 14, n. 2, p. 01-15, 2019.

PERIÇATO, A. J.; SOUZA, M. L. de. O Estudo da Fragilidade Potencial e Emergente na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Noroeste do Paraná. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, 2019.

CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NAS ESTRADAS RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, JATAÍ-GO

RESUMO

As estradas rurais têm papel significativo do ponto de vista social, econômico e ambiental. Com a expansão dos setores agroindustriais, elas têm funcionalidades importantes para atender toda a logística dos usos e cobertura da terra, em especial, da produção de cana-de-açúcar, uma vez que o transporte é reconhecido como um dos principais componentes logísticos. A cana-de-açúcar chegou à região Centro-Oeste, que apresentou áreas aptas para a plantação e desenvolvimento, e com incentivos do governo a região passou a contar com empresas do setor. Portanto, neste capítulo objetivou-se analisar a dinâmica espacial e temporal das estradas rurais, a partir da elaboração de mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 da bacia do ribeirão Paraíso (Jataí-GO), com destaque para as áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar. A análise da dinâmica temporal das estradas rurais foi estabelecida devido à inserção da cana-de-açúcar ter ocorrido na região só a partir de 2009. Para isso, utilizou-se o software ArcGIS® 10.6.1 para processamento dos dados e elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra por interpretação visual, mapas das estradas rurais e mapas de comparação das estradas rurais com áreas de cana-de-açúcar. Por meio do mapeamento realizado, observou-se mudanças nos usos e cobertura da terra, em que se constatou que a pastagem deu lugar a novas áreas de cana-de-açúcar identificadas a partir de 2010. Notou-se também que as estradas aumentaram (11,48%) de 2005 a 2020, ou seja, foram inseridas novas estradas na bacia, e quando comparadas com a cana-de-açúcar evidenciou-se um aumento de estradas na mesma proporção que a cana-de-açúcar, que aumentou em áreas plantadas (8,14%). Conclui-se, então, que a cana-de-açúcar foi fator de influência para o aumento das estradas rurais na bacia do ribeirão Paraíso, o que implicou em maior possibilidade de impactos sobre o solo, erosões, assoreamentos dos córregos e deve-se dar uma atenção maior às manutenções e à conservação das vias, já que a cultura, com suas propriedades de demandas, necessita de estradas para sua continuação logística.

Palavras-chave: Econômico. Logística. Cana-de-açúcar.

ABSTRACT

Rural roads play a significant role from a social, economic and environmental point of view. With the expansion of the agro-industrial sectors, they have important features to meet all the logistics of land use and land cover, especially sugarcane production, since transport is recognized as one of the main logistical components. Sugarcane arrived in the Center-West region, which presented areas suitable for planting and development, and with government incentives, the region began to count on companies in the sector. Therefore, this chapter aimed to analyze the spatial and temporal dynamics of rural roads, based on the elaboration of land use and land cover maps for the years 2005, 2010, 2015 and 2020 of the Paraíso stream basin (Jataí-GO), with emphasis on the areas of expansion of sugarcane cultivation. The analysis of the temporal dynamics of rural roads was established due to the insertion of sugarcane in the region only from 2009 onwards. For this, ArcGIS® 10.6.1 software was used to process data and prepare maps. of land use and land cover by visual interpretation, maps of rural roads and maps comparing rural roads with sugarcane areas. Through the mapping carried out, changes in land use and cover were observed, in which it was found that pasture gave way to new areas of sugarcane identified from 2010. It was also noted that roads increased (11.48%) from 2005

to 2020, that is, new roads were inserted in the basin, and when compared to sugarcane, there was an increase in roads in the same proportion as sugarcane, which increased in planted areas (8.14%). It is concluded, then, that sugarcane was an influencing factor for the increase in rural roads in the Paraíso stream basin, which implied a greater possibility of impacts on the soil, erosion, silting of streams and it is due pay greater attention to the maintenance and conservation of the roads, since the culture, with its demanding properties, needs roads for its logistical continuation.

Keywords: Economic. Logistics. Sugar cane.

1. INTRODUÇÃO

As estradas rurais têm importância para a sociedade, a economia e o ambiente. São relevantes no desempenho do papel socioeconômico, pois são vias que dão acesso a manutenções da vida, com os serviços disponibilizados nas zonas urbanas, e o trabalho na zona rural, com escoamento de insumos e produções, “fundamentais para o carreamento das riquezas da nação” (MARTIN, 2018 p.19). Segundo Donnages, Edmonds e Johannessen (2007), as estradas são o ponto chave mais importante em termos de fornecimento de acesso à população rural a serviços básicos: educação, atenção primária à saúde, abastecimento de água, mercados locais e oportunidades econômicas.

Essas vias, segundo Oliveira *et al.* (2011), são utilizadas para deslocar produções agrícolas, e é por elas que as populações rurais se deslocam aos centros urbanos em busca de comércio, lazer, educação, saúde e trabalho; elas atuam, portanto, na redução de pobreza. Asher e Novosad (2019) acrescentam que a construção dessas estradas está associada ao crescimento econômico agrícola e não agrícola, pois a insuficiência rodoviária é um dos maiores obstáculos para um desenvolvimento rural rápido. Rezende e Coelho (2015) confirmam a grande relevância das estradas para o crescimento econômico e social.

“O crescimento da produção de grãos no Brasil com a expansão agrícola e participação no mercado internacional, têm sido de grande importância para o desenvolvimento da economia brasileira” (TAVARES; MAINARDI, 2017, p. 73), com isso, a logística no escoamento das produções é de extrema importância.

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar surgiu, conforme citado por Braunbeck e Cortez (2005), com a chegada dos colonizadores portugueses, concentrados nas regiões de Pernambuco e São Paulo, sendo que São Paulo possuía condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento dessa cultura. Comentam Bernardes e Câmara (2001) que as primeiras

mudas plantadas vieram da Ilha da Madeira, em Portugal, trazidas por Martim Afonso de Souza no século XVI.

Foram encontrados no Brasil fatores favoráveis para o desenvolvimento dessa cultura, “solos férteis, água, temperaturas quentes, relevos planos e mão de obra indígena abundante” (RODRIGUES; ROSS, 2020, p. 8).

Neves, Trombin e Consoli (2009) explicam que após a criação dos programas de incentivo, o Brasil ocupou o primeiro lugar no mercado mundial de produção de cana-de-açúcar, e, segundo Martins (2014), as agroindústrias de cana-de-açúcar cresceram aceleradamente, deixando o país em posição de destaque do ponto de vista econômico, social e tecnológico.

Siqueira *et al.* (2013) expõem que o crescimento de áreas cultivadas com cana-de-açúcar está relacionado com a expansão de empresas do setor. Meurer (2014) afirma que Goiás possui áreas aptas para a cultura de cana-de-açúcar, com zoneamento que confirma a aptidão, além das características ambientais favoráveis à cultura, e ainda há os incentivos fiscais por parte do governo que fizeram com que o estado se tornasse em 2018 o terceiro com maior área plantada, subindo, em 2019, para o segundo estado brasileiro com maior área de mudas plantadas e colhidas (RODRIGUES; ROSS, 2020).

De acordo com Franco (2014), o Sudoeste de Goiás é composto por 18 municípios e 14 deles produzem cana-de-açúcar: Aporé, Castelândia, Chapadão do Céu, Jataí, Maurilândia, Mineiros, Montividiu, Perolândia, Portelândia, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santa Rita do Araguaia, Santo Antônio da Barra e Serranópolis e há unidades industriais que processam a cana-de-açúcar nos municípios de: Chapadão do Céu, Jataí, Maurilândia, Mineiros, Montividiu, Perolândia, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santo Antônio da Barra e Serranópolis.

Conforme Franco e Assunção (2011), estatísticas indicam uma rápida expansão de áreas plantadas com cana-de-açúcar, principalmente na região Sudoeste de Goiás, além do aumento da produtividade devido às boas condições dos solos, naturalmente férteis e produtivos, da topografia propícia e clima favorável. Segundo o IBGE (2017), essas condições passaram a ser extremamente interessantes para a localização de novos canaviais e usinas.

Alavancada pelas condições locais, Silva (2016) relata que a agroindústria canavieira se ampliou em Goiás e modificou a paisagem, o espaço e a sociedade, e mesmo sendo uma atividade já realizada há muito tempo nesse espaço, ela se intensificou com a abertura de indústrias e consequentemente com a ampliação das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Segundo Teixeira (2016), com o aumento da produção de etanol e açúcar foram geradas grandes movimentações nos setores de transporte, comercialização e distribuição para outras

regiões. Desta forma, com o fluxo maior, fez-se necessário o aumento de estradas para atenderem a essas demandas, além de acesso às áreas de plantio. Dalosto, Colturato e Pasqualetto (2016) destacam que a eficiência das atividades transportadoras é totalmente interligada ao desempenho econômico do país e consequentemente às demais atividades produtivas.

Ainda que as estradas tenham grande importância e sejam necessárias para atender à logística da cana-de-açúcar, é encontrada uma lacuna de pesquisas relacionando essas temáticas, existindo muitos trabalhos sobre estradas rurais (FATTORI, 2007; CASARIN, 2008; WONDEMUA; WEISSD, 2012; SOULARD; ACEVEDO; STEHMAN, 2018; MARTIN, 2018, entre outros), e muitos sobre cana-de-açúcar (SILVA, 2011; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013; ZHAO; LI, 2015, entre outros), porém, se comparados aos que correlacionam os dois elementos, há poucos (MARQUES; ALVES; BORGES, 2006; JUNQUEIRA, 2014; TEIXEIRA, 2016).

Comenta Scarpinella (2012) que pesquisas específicas sobre estradas “carreadores” são escassas, e que para a cana-de-açúcar os carreadores têm função de interligar a produção do campo às estradas que levam às usinas, e nessas estradas são encontrados alguns problemas, sendo eles: erosões, ondulações, atoleiros, excesso de pó, costelas de vaca, e outros.

O presente trabalho é de importância explícita, uma vez que o aumento dessas estradas pode estar associado à produção da cana-de-açúcar, e sem os devidos cuidados de manutenção, podem trazer muitos danos ao ambiente. De acordo com Fattori (2007) e Zoccal e Silva (2016), problemas como buracos, valas, falta ou inadequação de drenagem, ondulações, poeira e trilhas de rodas interferem negativamente na serventia das estradas. Martin (2018) também cita os problemas: erosão com perda de solos e assoreamento de rios, e salienta que com o crescimento de áreas de cana-de-açúcar e estradas rurais, é necessário dar a devida atenção às estradas para que impactos não sejam submetidos ao ambiente.

Procedimentos de planejamento ambiental são desempenhados a partir de *softwares*, conforme citado por Castro, Dias e Amanajás (2016), que simulam o espaço geográfico real por meio de informações espaciais e geram mapas através do geoprocessamento. Andrade *et al.* (2017) ressaltam que procedimentos com imagens de satélites e sistemas de informações geográficas (SIGs) são capazes de colaborar no desenvolvimento e no direcionamento de políticas públicas, além de contribuir com orientações com visões de futuro.

Segundo Botteon (2016), com esses mapeamentos se torna possível estudar elementos do ambiente, contribuindo com propostas ou realização de medidas e ações a fim de evitar impactos ambientais. Portanto, neste capítulo objetivou-se analisar a dinâmica espacial e

temporal das estradas rurais, a partir da elaboração de mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 da bacia do ribeirão Paraíso (Jataí-GO), com destaque para as áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar.

1.1 MATERIAIS E MÉTODOS

A princípio, houve a fase de levantamento bibliográfico, em que se buscou aprender e entender sobre os mapeamentos que seriam elaborados, e assim partiu-se para a coleta de dados.

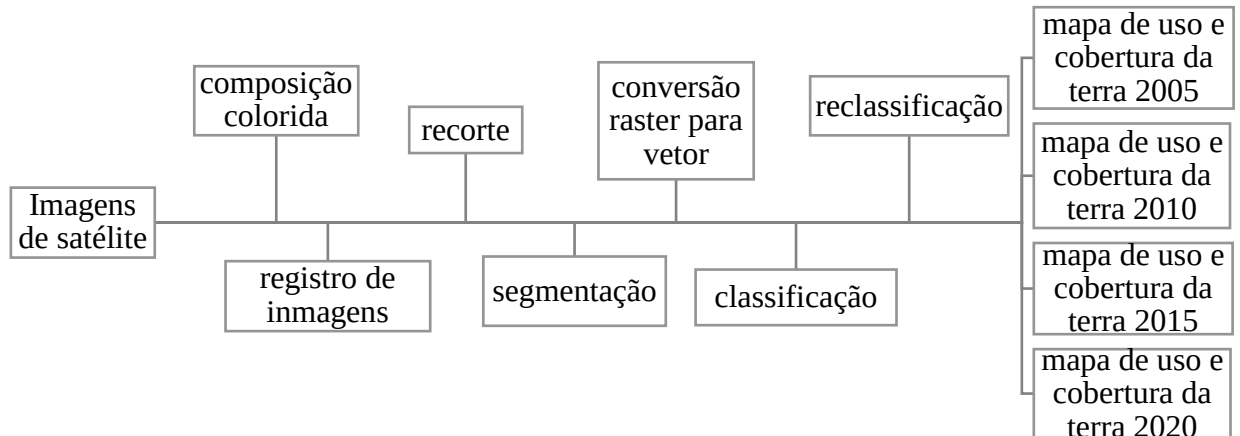
Foram estabelecidos os anos 2005, 2010, 2015 e 2020 para análise da dinâmica temporal das estradas rurais devido à produção de cana-de-açúcar ser o fator chave para essa investigação, e que só ter chegado à região a partir de 2009, quando, de acordo com Silva (2011), passou a contar com uma indústria do setor sucroenergético chamada de grupo Cosan, hoje conhecida como Fundação Raízen.

O processamento dos dados foi realizado no *ArcGIS® 10.6.1*, *software* da *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, com licença de uso para o laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Jataí.

1.1.1 Mapas de uso e cobertura da terra

A elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra está resumida e sintetizada no Organograma 1:

Organograma 1 – Procedimentos dos mapas de uso e cobertura da terra



Organização: A autora (2021).

1º) Houve a fase do pré-processamento, em que foram escolhidas e baixadas imagens de satélites *Landsat 5 - sensor Thematic Mapper (TM)* para os anos de 2005 e 2010 e *Landsat 8 - sensor Operational Land Imager (OLI)* para 2015 e 2020.

A Tabela 1 apresenta os dados das imagens de satélite utilizadas, que foram baixadas do mês de junho, quando se tem uma imagem mais nítida, sem nuvens, por estar em período de estiagem, conforme a classificação climática de Köppen.

Tabela 1 – Dados das imagens utilizadas para os mapeamentos.

Data do imageamento	Satélite / Sensor	Composição
19/06/2005	L5 / TM	5R4G3B
17/06/2010	L5 / TM	5R4G3B
16/06/2015	L8 / OLI	6R5G4B
12/06/2020	L8 / OLI	6R5G4B

Fonte: USGS, (2020).

2º) Foi realizada a composição colorida das imagens *Landsat 5*, (5R4G3B) e *Landsat 8* (6R5G4B) pela ferramenta *Composite Bands*.

3º) Ainda no pré-processamento, foi feito o registro de imagem a partir de coordenadas de controle, pela ferramenta *geoprocessing*.

4º) O recorte das imagens para o limite da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso em *Extract by mask* foi realizado por meio da ferramenta de recorte de arquivo raster.

5º) Em seguida, foi feita a segmentação pela ferramenta *Segment Mean Shift*, com a finalidade, segundo Desclée, Bogaert e Defourny (2006), de delimitar limites/áreas com regiões homogêneas e agrupá-las, ao invés de analisar os *pixels* independentes.

6º) Na sequência, no processamento das imagens ocorreu a classificação não supervisionada, pela ferramenta *Multivariate/Iso cluster Unsupervised*, por interpretação visual baseada nas imagens dos satélites *Landsat 5* e *Landsat 8* com auxílio do *Google Earth PRO*. A visualização das imagens e a identificação dos usos, conforme descrito por Nascimento *et al.* (2016), executou a associação dos *pixels* semelhantes, formando as classes de uso em um arquivo matricial tipo *raster*,

7º) O arquivo foi convertido em formato vetorial, tipo *shapefile*, para melhor tratamento, definindo as seguintes classes: agricultura, pastagem, solo descoberto, vegetação nativa, área construída, cana-de-açúcar e silvicultura.

A cana-de-açúcar é um tipo de agricultura, porém, na classificação foi separada uma classe específica para analisar o aumento das estradas rurais em função das áreas de cana-de-açúcar, sendo esse um dos elementos foco desta pesquisa. A cana-de-açúcar só aparece a partir do mapa de 2010, ocorrendo a inexistência da classe no mapa de 2005, pois se pretendeu demonstrar, a partir de seu surgimento, as mudanças.

No processamento dos mapas utilizou-se a escala cartográfica 1:60.000, obtida a partir da seguinte fórmula, como proposto por Tobler (1987), usado também por Nagi (2010) e por Braz (2020):

$$\text{Escala do mapa} = \text{resolução raster (em metros)} * 2 * 1000$$

Sendo as imagens *Landsat* com resolução de 30 metros, o tamanho mínimo para a identificação de um objeto é de duas vezes a resolução do *pixel*, e a escala recomendada para visualizar e explorar imagens raster em um *software SIG* é de 1.000 vezes o tamanho mínimo detectável, tendo-se o seguinte resultado:

$$\text{Escala do mapa} = 30 * 2 * 1000 = 1:60.000$$

A resolução é citada por Tobler (1987) como a capacidade de distinguir partes individuais de um objeto, e está diretamente relacionada com a resolução, de acordo com Dungan *et al.* (2002) e com Wu e Li (2006), que expuseram que a resolução é um dos muitos componentes da escala.

O resultado demonstra que as imagens *Landsat* têm compatibilidade com escalas de 1:60.000 a menores, caso essa fosse superior, os *pixels* perderiam sua nitidez, portanto, a fórmula foi usada pelos autores para obter uma escala com nível de detalhes no mapeamento, e foi utilizada nos mapeamentos do presente trabalho.

8º) O pós-processamento consiste no ajuste e na correção das classes pré-definidas; na etapa inicial, a alteração dos polígonos que ficaram confusos foi realizada pela ferramenta *Fild Calculator* de forma manual.

A interpretação e a delimitação das categorias de uso e cobertura da terra ocorreram de forma visual, utilizando os seguintes critérios: cor, textura, forma, tamanho, conforme representado por Florenzano (2011). A legenda das classes foi criada a partir dos critérios de cores do IBGE (2013), porém, para uma melhor interpretação, colocou-se uma cor diferente no uso de cana-de-açúcar, que foi uma categoria importante no trabalho.

No momento de conclusão dos mapas, foi necessário aderir a uma outra escala para encaixá-los em uma folha com formato A4, foi utilizada a escala de representação 1:230.000, e foram finalizados com a inserção das convenções cartográficas (*layout*, título, legenda, escala, norte, grade de coordenadas, indicação de projeção e datum, autor, data e fonte). Essa metodologia foi usada para a elaboração de cada mapa, de 2005, 2010, 2015 e 2020, os mesmos foram validados com o coeficiente kappa.

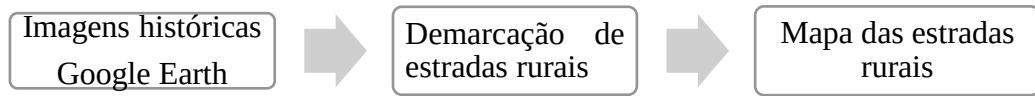
1.1.2 Mapa das estradas rurais

A elaboração do mapa de estradas rurais ocorreu em duas etapas, a primeira foi a criação da base cartográfica de estradas rurais de 2005, 2010, 2015 e 2020 pelo *Google Earth PRO*, em que se utilizou a ferramenta “adicionar caminho” e pelo mosaico de imagens históricas foram usados quadrantes para a demarcação de todas as estradas rurais visíveis, iniciando pelas estradas principais, e posteriormente se fez a demarcação das demais estradas; aplicou-se esse método até preencher todas as estradas rurais da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso.

As imagens disponíveis no mosaico do *Google Earth PRO* eram *Landsat/Copernicus*, e em média de 9.50 km foi a altura de visualização para a demarcação das estradas rurais. A segunda etapa foi a junção das bases cartográficas das estradas rurais no *software ArcGIS*, em que se buscou separá-las com cores diferentes equivalendo às estradas existentes de cada ano. Todo o trabalho de criação das bases de estradas rurais pelo *Google Earth* foi feito devido à necessidade desses dados para continuação da pesquisa, tendo em vista que o município de Jataí não dispõe de uma base cartográfica de estradas rurais.

Posteriormente, foram adicionados ao mapa a rede de drenagem, a malha viária principal e o limite da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso e finalizados com *layout*, título, legenda, escala, norte, grade de coordenadas, indicação de projeção e datum, autor, data e fonte. O Organograma 2 mostra os procedimentos para a elaboração do mapa de estradas rurais:

Organograma 2 – Procedimentos do mapa de estradas rurais



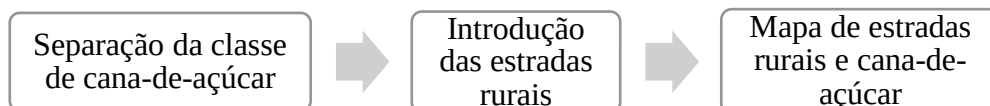
Organização: A autora (2021).

1.1.3 Mapa de estradas rurais e cana-de-açúcar

O mapa de estradas rurais e áreas de cana-de-açúcar foi elaborado a partir das bases cartográficas dos mapas anteriores (mapas de uso e cobertura da terra e mapa de estradas rurais), foram separadas somente as áreas de cana-de-açúcar do mapa de uso e cobertura da terra e adicionadas as estradas rurais, gerando um novo mapa.

As áreas de cana-de-açúcar de cada ano (2010, 2015 e 2020) foram diferenciadas com tons de rosa equivalendo a cada ano citado, assim também ocorreu com as estradas rurais, que tiveram variação de cores equivalente aos anos. Na sequência, o Organograma 3 apresenta os procedimentos do mapa de estradas rurais e cana-de-açúcar:

Organograma 3 – Procedimentos do mapa de estradas rurais e cana-de-açúcar



Organização: A autora (2021).

1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.2.1 Análise da dinâmica de uso e cobertura da terra

A bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso apresentou uma dinâmica bastante variável de uso e cobertura da terra, os mapas viabilizaram essa percepção sobre as modificações desses usos de 2005 (Mapa 1) a 2020 (Mapa 4), conforme sintetizado na Tabela 2. Observou-se que houve uma oscilação e uma queda de 8,31% da pastagem, sendo que, com o aparecimento da cana-de-açúcar identificado a partir do mapa de 2010 (Mapa 2), em 2015 (Mapa 3) e 2020 esse uso aumentou em 8,14%, valor esse aproximado da diminuição da classe de pastagem (8,31%).

Tabela 2 – Uso e cobertura da terra.

Classes	2005		2010		2015		2020	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Agricultura	37.888,81	41,95%	41.317,42	45,72%	40.727,01	45,07%	42.040,10	46,52%
Pastagem	22.209,43	24,59%	21.327,45	23,60%	17.467,34	19,33%	14.712,23	16,28%
Solo descoberto	270,95	0,30%	578,37	0,64%	1.084,36	1,20%	1.093,47	1,21%
Vegetação	29.678,81	32,86%	26.493,18	29,32%	24.615,12	27,24%	24.300,48	26,89%
Água	108,38	0,12%	108,44	0,12%	117,47	0,13%	90,36	0,10%
Área construída	171,60	0,19%	216,88	0,24%	406,63	0,45%	397,62	0,44%
Cana-de-açúcar	-	-	321,68	0,36%	5.898,30	6,53%	7.683,93	8,50%
Silvicultura	-	-	-	-	44,91	0,05%	50,98	0,06%
Total	90.327,98	100,00%	90.363,42	100,00%	90.361,14	100,00%	90.369,17	100,00%

Organização: A autora (2021).

Verificou-se que o uso referente à agricultura de grãos teve um aumento de área plantada (4,57%). Em relação à pastagem, essa mudança do uso também foi evidente, porém com uma diminuição de 8,31%.

A pastagem foi o principal uso que deu lugar à cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, como confirmado por Silva (2016, p.17): “uma modificação importante está se processando a partir da inserção da agroindústria canavieira em territórios dominados pela consolidada cadeia grãos/carnes”. Conforme Scarpinella (2012, p.50), “a expansão da cultura da cana-de-açúcar acarreta na perda de área de alguma outra atividade agropecuária”.

Quanto ao solo descoberto, nota-se que houve um aumento de 0,91%, já a vegetação nativa teve uma diminuição de área entre os anos analisados, sendo no total 5,97%. Evidenciou-se uma variação não expressiva de 0,02% do uso que se refere à água.

Em relação à área construída, ocorreu um aumento entre os anos 2005 a 2020, com total de 0,25%. A oscilação da silvicultura foi pouca, sendo a mesma introduzida na bacia somente em 2015, com um aumento de 0,01%.

A cana-de-açúcar se destaca neste cenário dos usos, uma vez que em 2010 apresentava 0,36%, aumentando significativamente nos anos posteriores, com um aumento total de 8,14% entre os anos 2010 a 2020. A produção de cana-de-açúcar, de acordo com Aguiar e Souza (2016), vem apresentando forte crescimento desde a implantação do Proálcool, a partir daí a cultura está se expandindo, incentivada pelas perspectivas da produção do etanol.

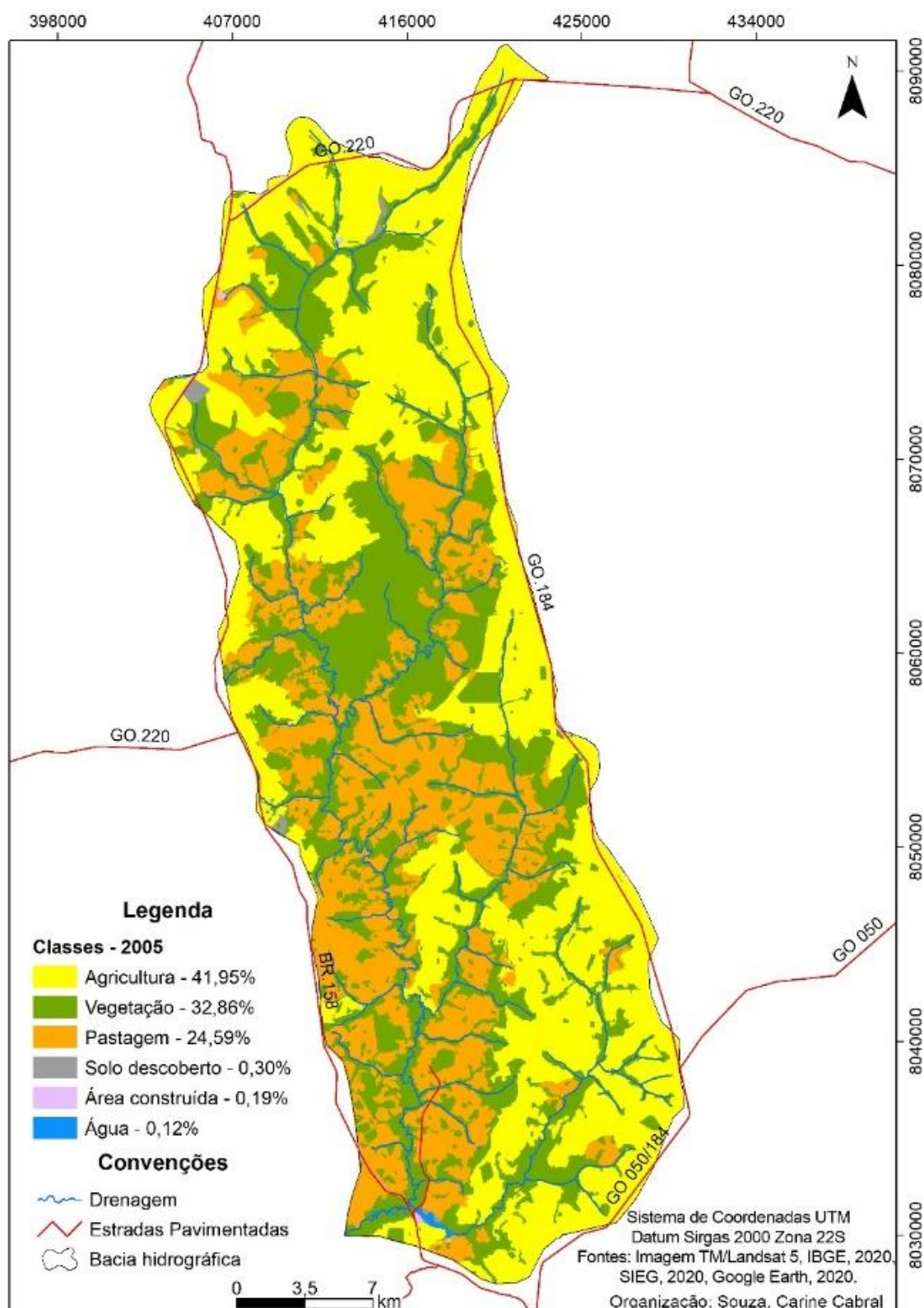
Segundo Correa (2013), a expansão da cultura da cana-de-açúcar na região Centro-Oeste vem ocupando áreas antes destinadas à produção de arroz e feijão e também às pastagens naturais, e essa ocupação induz à migração da pecuária para outras regiões.

É evidente o aumento da produção da cana-de-açúcar no Brasil, segundo Abreu *et al.* (2011), o país é o maior produtor e exportador de cana-de-açúcar, porém, é inevitável o avanço de área em outras culturas e o aumento do conflito por terras.

De acordo com Silva (2011), mesmo que o município de Jataí já contasse com setores produtivos bem definidos em seu território, passou a contar em 2009 com uma unidade industrial do setor sucroenergético com capacidade para processar por volta de 55 mil hectares de cana-de-açúcar a cada safra. A atividade industrial teve progresso ao longo dos anos desde então, tendo representatividade significativa no PIB do município. “A conjunção entre a pecuária, agricultura e a agroindústria fizeram do município de Jataí um dos mais produtivos do estado de Goiás” (SILVA, 2011, p.133).

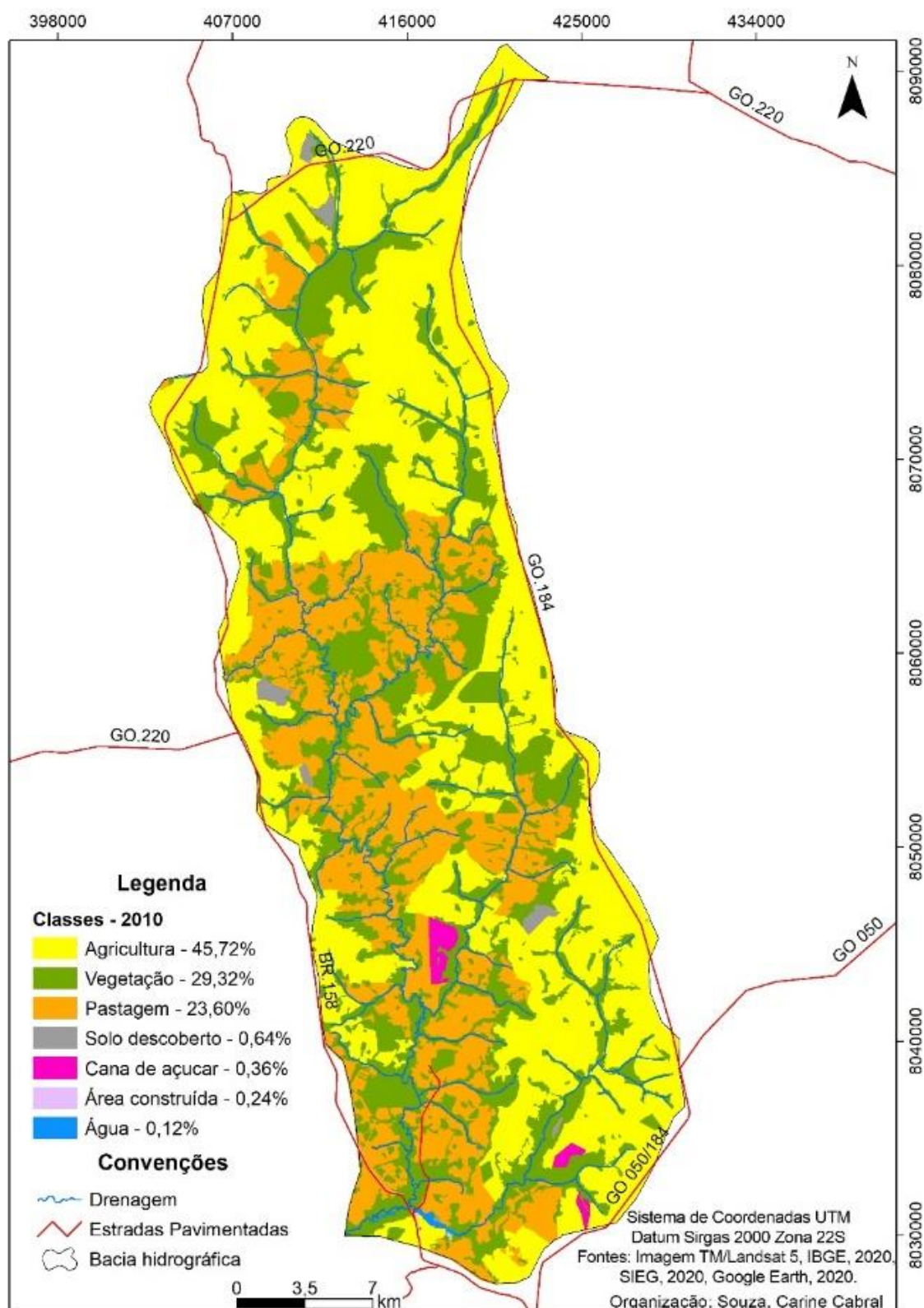
Silva (2011) apresenta em seu trabalho entrevistas com o diretor da unidade industrial do setor sucroenergético instalada no município de Jataí, que confirma os atrativos encontrados no mesmo: condições socioeconômicas do município, disponibilidade de terras férteis e boa infraestrutura.

Mapa 1 – Uso e cobertura da terra de 2005



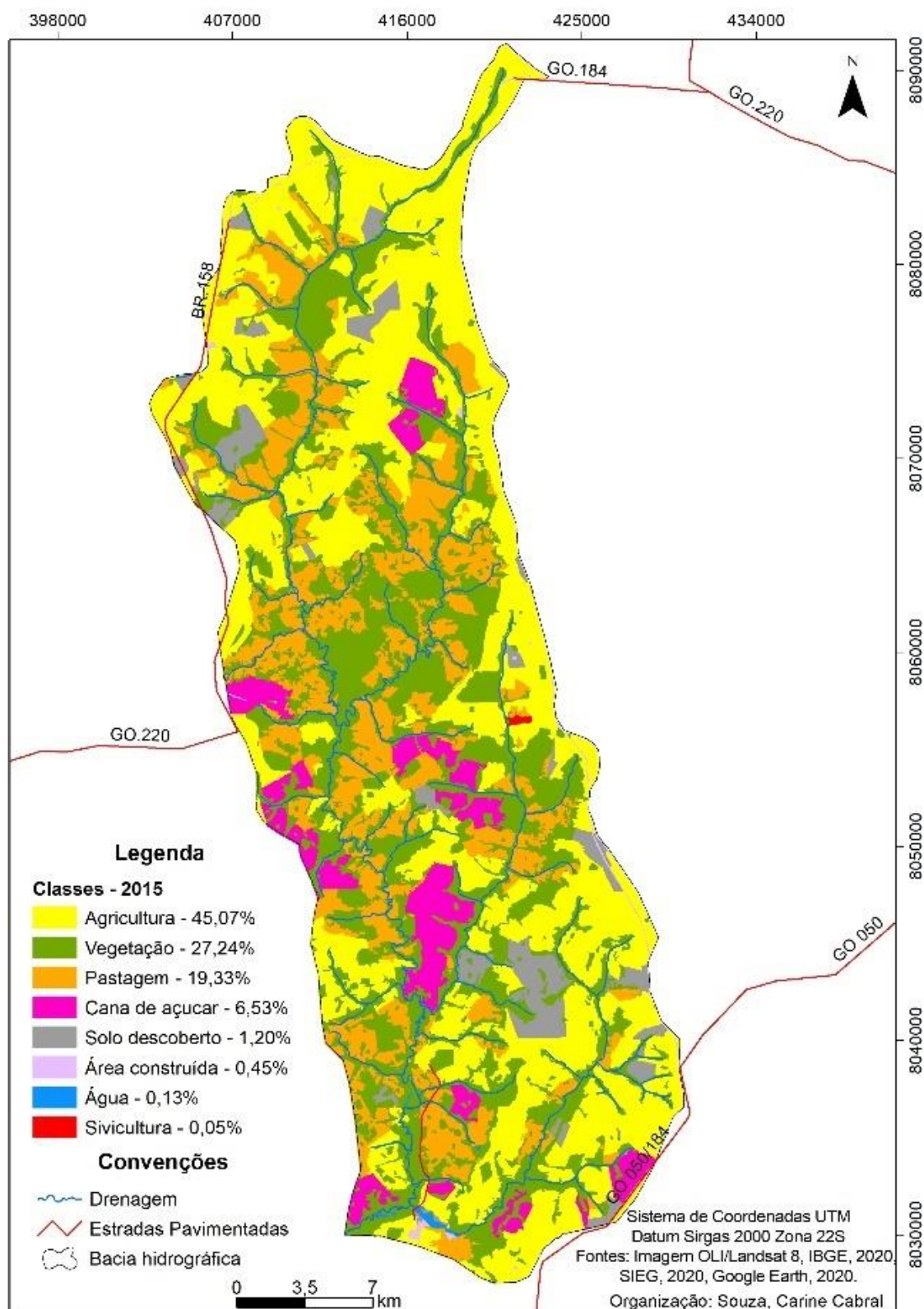
Organização: A autora (2021)

Mapa 2 – Uso e cobertura da terra de 2010



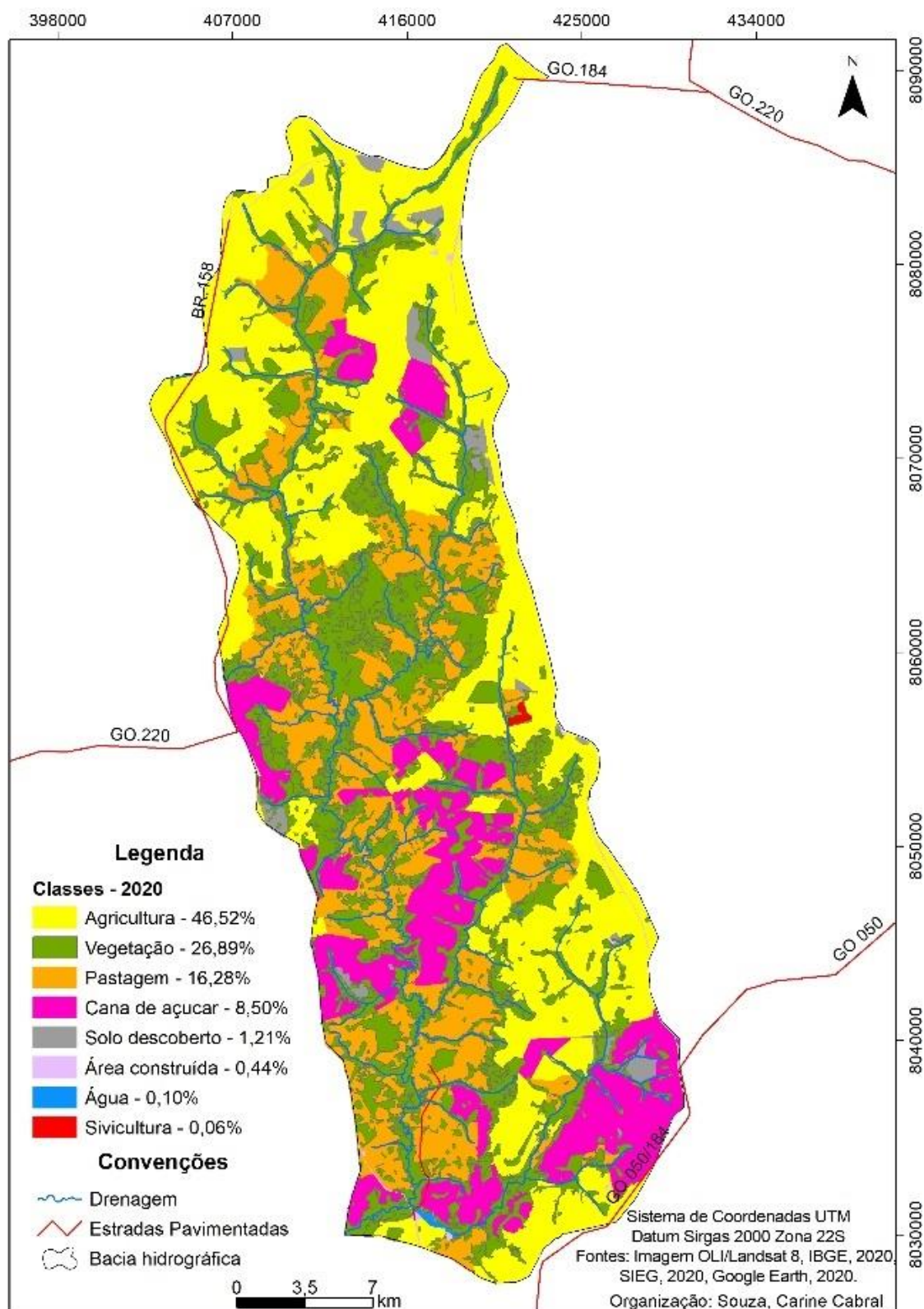
Organização: A autora (2021).

Mapa 3 – Uso e cobertura da terra de 2015



Organização: A autora (2021).

Mapa 4 – Uso e cobertura da terra de 2020



Organização: A autora (2021).

Por meio do mapeamento notou-se que os mapas de 2005, 2010, 2015 e 2020 sintetizados na Tabela 2 apresentam uma dinâmica temporal em que é expressiva uma diminuição na pastagem a cada ano analisado, sendo substituída por áreas de cana-de-açúcar.

1.2.2 Mapeamento de estradas rurais entre os anos de 2005, 2010, 2015 e 2020

Na Tabela 3, observou-se que as estradas rurais presentes na bacia aumentaram gradativamente no período analisado, com aumento total de 11,48% (851,6 km). Entre os anos de 2005 e 2010 esse aumento foi somente de 0,57%, de 2010 a 2015 foi de 2,98%. Já nos anos de 2015 a 2020 ocorreu um aumento mais expressivo (7,93%).

Tabela 3 – Estradas.

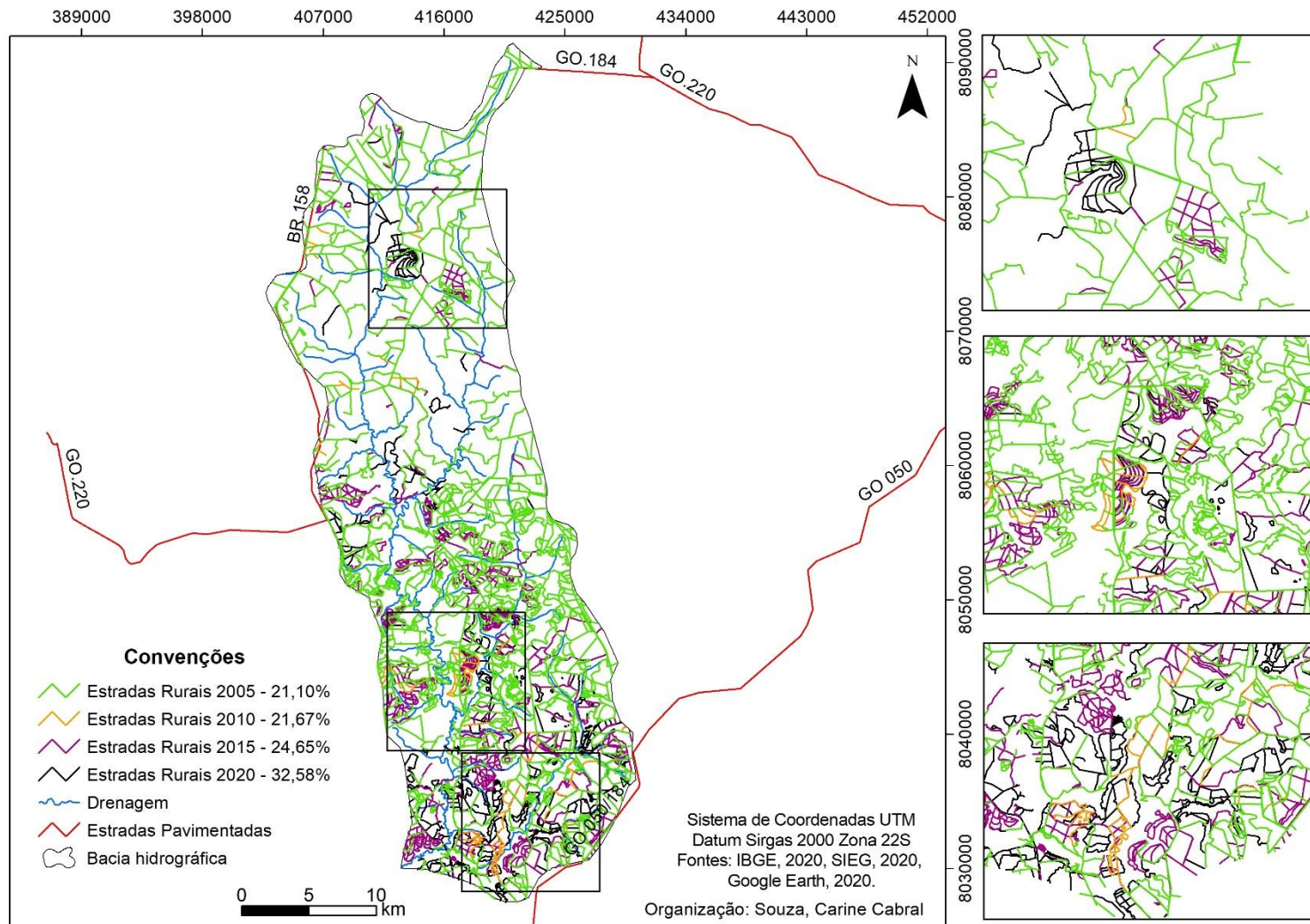
Anos	Km	%
2005	1.565,2	21,10%
2010	1.607,6	21,67%
2015	1.828,7	24,65%
2020	2.416,8	32,58%
Aumento total de estradas no período	851,6	11,48%

Organização: A autora (2021).

O Mapa 5 sintetiza as estradas rurais nos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020, sendo 1.565,2 km de estradas rurais em 2005, 1.607,6 km em 2010, 1.828,7 km em 2015 e 2.416,8 km em 2020, apresentando uma concentração de estradas rurais da vertente média para a baixa em todos os anos citados.

A partir de 2015 as estradas apresentam manchas de concentração na vertente superior, contudo, o que realmente se destaca é o agrupamento na vertente inferior, que aumenta visivelmente formando uma espécie de talhões.

Mapa 5 – Mapa síntese de comparação das estradas rurais em anos: 2005, 2010, 2015 e 2020.



Organização: A autora (2021).

1.2.3 Análise da abertura de estradas rurais em áreas cultivadas com cana-de-açúcar

Na Tabela 4, quando se compara o aumento da área plantada com cana-de-açúcar, nota-se também que houve o aumento significativo de estradas rurais, sendo 8,14% para cana-de-açúcar e 10,91% para estradas rurais entre 2010 e 2020.

Tabela 4 – Áreas cultivadas com cana-de-açúcar e estradas rurais.

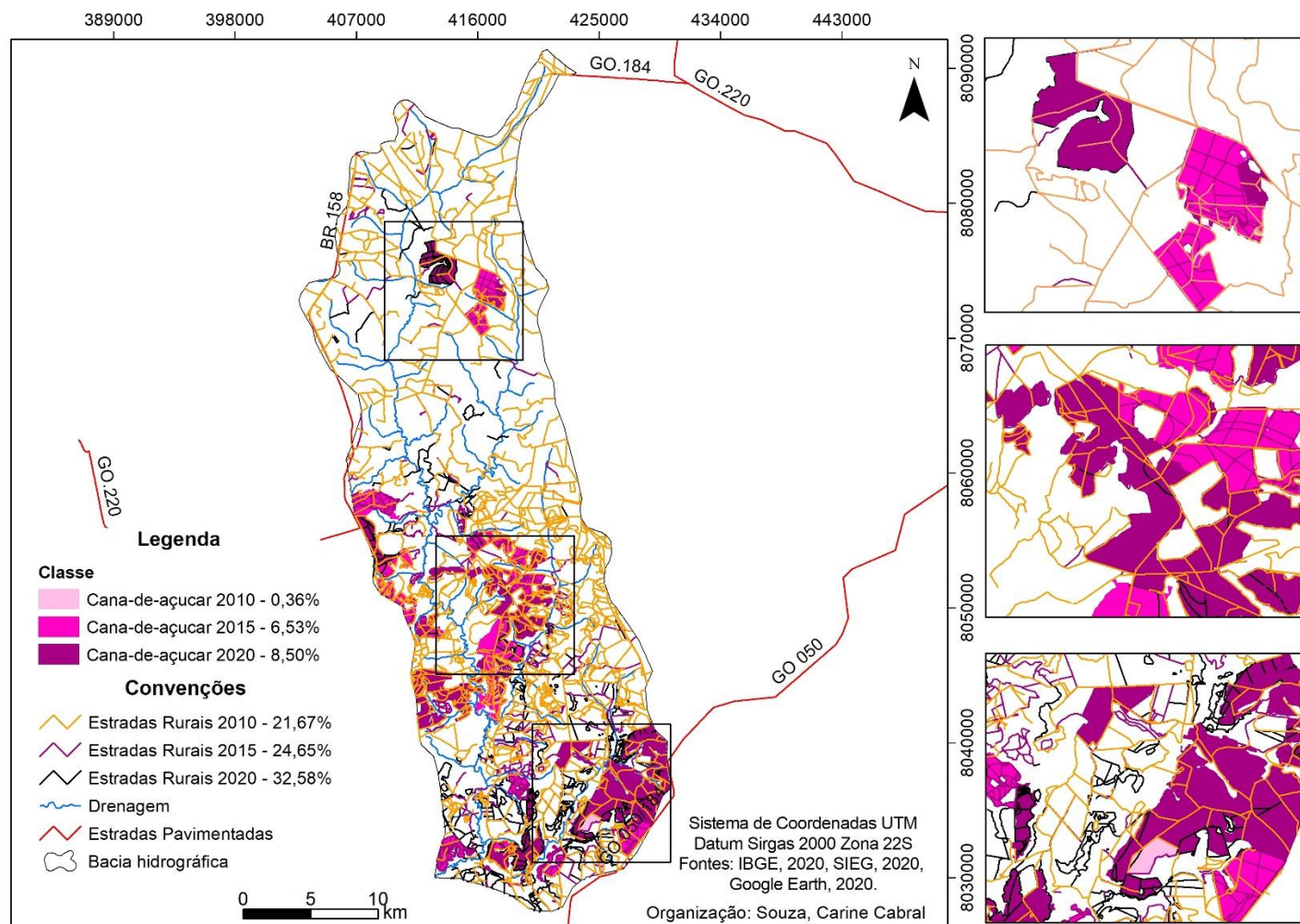
	2010	2015	2020
Cana de açúcar	321,68 (ha) - 0,36%	5.898,30 (ha) - 6,53%	7.683,93 (ha) - 8,50%
Estradas rurais	1.607,6 (km) - 21,67%	1.828,7 (km) - 24,65%	2.416,8 (km) - 32,58%

Organização: A autora (2021).

O Mapa 6 apresenta a comparação das áreas de cana-de-açúcar com as estradas rurais. Em 2010 as áreas existentes com cana-de-açúcar se concentravam somente em baixa vertente, e as estradas em média a baixa vertente. Já em 2015 as áreas de cana-de-açúcar se expandiram para outras unidades da bacia e as estradas acompanharam essa expansão, fazendo talhões entre as áreas de cana-de-açúcar. Em 2020 continua o crescimento de áreas plantadas com cana-de-açúcar associado ao aumento gradativo das estradas.

Em 2005, onde ainda não havia áreas com cana-de-açúcar, as estradas rurais até 2010 aumentaram 0,57%, posteriormente, com a presença da cana-de-açúcar, de 2010 a 2020 as estradas aumentaram 10,91% e a cana-de-açúcar teve um aumento de 8,14%.

Mapa 6 – Mapa síntese de comparação da cana-de-açúcar em diferentes anos: 2010, 2015 e 2020.



Organização: A autora (2021).

O Mapa 6 evidenciou a associação entre a cana-de-açúcar e o aumento das estradas rurais, sendo que a inserção da cana-de-açúcar na área, a partir de 2010, confirmou o aumento gradativo das quilometragens de estradas rurais.

Quando analisados os mapas de estradas rurais e cana-de-açúcar, nota-se que o aumento gradativo da área plantada com cana-de-açúcar coincidiu com o aumento gradativo de estradas rurais, assim como a localização das maiores concentrações de estradas rurais na bacia também coincide com a localização das maiores concentrações de áreas plantadas com cana-de-açúcar, ou seja, observando a bacia em geral, verificou-se que da vertente média para a baixa vertente houve um adensamento de áreas de cana-de-açúcar e simultaneamente de estradas rurais. Dessa forma, existe um indicativo de que o aumento da cana-de-açúcar influenciou significativamente o aumento das estradas rurais.

A dinâmica de aumento das estradas rurais está diretamente associada ao aumento da cana-de-açúcar, em que incentivos governamentais contribuíram para a instalação de empresas e conseqüentemente a inserção de novas áreas plantadas com cana-de-açúcar.

O Governo Federal vinha implementando programas de incentivo à produção e ocupação das terras no cerrado, que abrangia a construção de estradas, silos, armazéns, conforme destacam Rodrigues e Ross (2020, p. 178). Os autores relatam que apesar de ter sido com a intenção da produção de grãos e de carne, essas “técnicas de melhoramento de solos e a instalação da infraestrutura deram a base necessária para o amplo desenvolvimento da agroindústria canavieira”.

Schreiner (2015) comenta que o produtor rural deve se preocupar com os fatores que exercem influência em seu negócio, um deles são as estradas, tendo em vista que delas chegam insumos, além de serem responsáveis pelo escoamento da produção. O autor destaca o prejuízo que uma estrada intransitável pode causar a um produtor, que pode perder toda sua produção, e também enfatiza que a infraestrutura das estradas representa um marco para o crescimento da economia, portanto, elas devem ser preservadas.

As estradas que têm funcionalidades específicas para a cana-de-açúcar são chamadas de carreadores, de acordo com Scarpinella, Miranda e Mauad (2013), e são responsáveis pelo escoamento da matéria-prima até a agroindústria, são vias expostas que se submetem a fatores climáticos e ao trânsito de veículos pesados. “à cultura da cana é formada pelas áreas de cultivo (talhões) e pelas áreas de escoamento deste cultivo: os carreadores.” “estas vias crescem em complexidade à medida que devem servir talhões, setores e fazendas” (SCARPINELLA; MIRANDA; MAUAD, 2013, p. 88-89).

De acordo com Scarpinella (2012), os talhões necessitam de estradas e carregadores para o escoamento da produção, a área de um talhão depende da sua largura e comprimento, e à medida que essa área é menor, tem-se uma maior área de estradas e carregadores.

Segundo Silva (2016, p. 142), “Mesmo com o avanço das técnicas e dos meios de transporte, a dependência de condições de logística adequadas continua a representar um sério gargalo no ciclo produtivo canavieiro.”

A logística que supre a demanda da indústria é denominada por Meurer e Lobo (2015) como de corte, carregamento e transporte, iniciando na colheita até a chegada na usina, todos esses passos demandam um planejamento rigoroso com estrutura de suporte, manutenção e monitoramento contínuo, “o setor de transportes representa, no contexto da globalização, um fator determinante no crescimento econômico dos países” (MEURER; LOBO, 2015, p. 61).

Comentam Lionço, Bressan e Silva (2010) que nos últimos anos o aumento das áreas cultivadas com cana-de-açúcar fez com que o setor buscasse novas tecnologias para a mecanização da colheita e a agilidade no processo, não bastando apenas as máquinas e sim um conjunto de sistematização na área do plantio: nivelamento, tamanho de talhões, locação de estradas e carregadores. Para cumprir as medidas de talhões, o comprimento de sulco deve ser em torno de 500m a 700m e a largura entre 150m a 400m, deixando uma área entre 2,5% a 4% para o sistema viário (carregadores), que devem ter uma largura de 5m, transbordo 3,7m e os carregadores principais 7m/8m de largura.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, em 2010, do total de 1.607,6 estradas, 108,6 km são de estradas destinadas às áreas com cana-de-açúcar, equivalendo a 6,7% de estradas e carregadores entre as áreas com a cultura; em 2015, do total de 1.828,7 estradas, 522,4 km são estradas destinadas à cana-de-açúcar, sendo equivalente a 28,6%, e em 2020, do total de 2.416,8 km de estradas, 1.002,4 km são destinados às áreas com cana-de-açúcar, sendo 41,5% da área, e quanto as suas larguras, no geral, os carregadores principais atendem à largura de, em média, 7,4 metros, os transbordos 3,4 metros e os demais carregadores 4,8 metros, em comparação com a literatura de Lionço, Bressan e Silva (2010), as estradas atendem e até passam da quantidade ideal para atender à cultura da cana-de-açúcar, além de possuir larguras corretas.

Contudo, vale ressaltar que o aumento dessas estradas pode gerar impactos ambientais, segundo Baucke (2019), as estradas rurais são implantadas muitas vezes sem um planejamento prévio, ou ainda sem manutenções, ou sofrem manutenções precárias apenas em período de plantio e colheita, o que acarreta processos erosivos. Moreira (2015) reforça que a inclusão de novas estradas reflete na perda de solo e no aumento da densidade de drenagem da bacia devido à interferência no equilíbrio de escoamento natural que transforma as vias em corredores para

as águas, o que, para Cunha, Oliveira e Thomaz (2014), é chamado de interceptação de fluxo subsuperficial causado pelas estradas, que faz com que aumente a densidade de drenagem e desloque as águas aumentando os fluxos de vazão, causando instabilidade no talude, gerando processos erosivos.

Mesmo que as estradas rurais apresentem problemas e impactos ao ambiente, se forem submetidas a manutenções que visem sua conservação, elas passam a atender a sua funcionalidade, exercendo papel de grande importância tanto social e ambiental quanto econômico, principalmente com relação aos usos e cobertura da terra, possibilitando atender às demandas no escoamento das produções.

1.3 CONCLUSÃO

O uso e a cobertura da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso oscilam nos anos mapeados, com destaque principalmente para a diminuição da pastagem e para o aumento gradativo da produção de cana-de-açúcar.

Há um aumento significativo de estradas rurais associado à implantação da cultura da cana-de-açúcar entre 2010 e 2020 (10,91% e 8,14%, respectivamente). Quando observados os mapas de estradas rurais nos anos de 2005 a 2020 não é possível afirmar o que contribuiu para que essas estradas aumentassem, porém, quando se relaciona esse fator com a cana-de-açúcar verifica-se que nas áreas com a cultura existem talhões, e entre essas áreas estão as estradas e carreadores, aumentando assim a porcentagem de estradas rurais na medida em que as áreas com a produção de cana-de-açúcar se expandem.

Constata-se que determinados tipos de usos e cobertura da terra, principalmente a cana-de-açúcar, influenciam a dinâmica das estradas rurais, isso merece uma atenção especial relacionada a sua conservação, especialmente pelos gestores do município, uma vez que a cana-de-açúcar tende a aumentar cada vez mais, devido aos seus benefícios de geração de energia elétrica, combustível, além do açúcar, que é fonte de energia alimentar barata e importante, o que garante um futuro promissor, mas, no município de Jataí a produção ainda é apenas o etanol.

Pode-se então concluir que o estudo só foi viável com o auxílio de técnicas e ferramentas de geotecnologias, que possibilitaram identificar que a cana-de-açúcar é um fator de influência no aumento das estradas rurais, tendo em vista que a cultura, com suas propriedades de demandas viárias, necessita de estradas para sua continuação logística. Esse aumento de estradas associado a áreas de cana-de-açúcar pode acarretar impactos ambientais que devem ser monitorados e remediados com medidas de controle, para que as estradas continuem a

desempenhar o seu principal papel, que é tão importante para o bem social, ambiental e econômico, pois beneficiam a população rural da bacia e também as empresas que trabalham com o setor canavieiro.

Visto o impacto no aumento de estradas rurais confirmado pela expansão da produção de cana-de-açúcar, deve ser dado seguimento à pesquisa por parte do município por meio de uma gestão para essas estradas rurais, pois é de grande interesse para a economia do município o seu bom funcionamento. É preciso dar subsídios de manutenções, reformas e até mesmo restauração de estradas esquecidas, não só em períodos em que há maior necessidade dessas estradas, mas em todos os períodos.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. *et al.* A produção da cana-de-açúcar no Brasil e a saúde do trabalhador rural. **Revista brasileira de medicina do trabalho**, v. 9, n. 2, 2011.

AGUIAR, C. J.; SOUZA, P. M. Impactos do crescimento da produção de cana-de-açúcar na agricultura dos oito maiores estados produtores. **Rev. Ceres**, v. 61, n. 4, Ago 2014. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461040006>

ANDRADE, R. G. *et al.* Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 7, n. 1, p.34-41, março, 2017. <https://doi.org/10.21206/rbas.v7i1.376>

ASHER, S.; NOVOSAD, P. Rural Roads and Local Economic Development. **American Economic Review**, v. 110, n. 3, p. 797-823, 2019. <https://doi.org/10.1257/aer.20180268>

BARBALHO, M. G. da S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. de. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 29, setembro de 2013.

BERNARDES, M. S.; CÂMARA, G. M. de S. **Cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba, SP: Departamento de Produção Vegetal, 2001. 20 p.

BOTTEON, V. W. Aplicabilidade de ferramentas de geotecnologia para estudos e perícias ambientais. **Revista brasileira de criminalística**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 7-13, 2016. <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v5i1.110>

BAUCKE, A. S. **Contribuição de sedimentos por estradas rurais em bacias hidrográficas**. 2019. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) - Universidade regional de Blumenau, Blumenau, 2019.

BRAUNBECK, O. A.; CORTEZ, L. A. B. O cultivo de cana-de-açúcar e o uso dos resíduos. *In*: ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas, SP: UNICAMP, 2005. p. 215-246.

BRAZ, A. M. **Zoneamento turístico das paisagens para o município de Mineiros (GO), BRASIL**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2020.

Cana-de-açúcar - algumas reflexões. **JornalCana**, 2013. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/cana-de-acucar-algumas-reflexoes/> Acesso em: 12 de jan. de 2020.

CASARIN R. D. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação**. 2008. Dissertação (Faculdade de ciências agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 2008.

CASTRO, H. S. de; DIAS, T. C. A. de C.; AMANAJÁS, V. V. V. A geotecnologia como ferramenta para o diagnóstico da arborização urbana: o caso de Macapá, AMAPÁ. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 38, p. 146-168, dezembro, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v38i0.42281>.

CASTRO, R. A. O. **O setor sucroenergético e sua adequada regulação. Sustentabilidade X Viabilidade econômica**. Curitiba: Juruá Editora, 2012. 234 p.

CASTRO, S. S. *et al.* **Estudo da expansão da cana-de-açúcar de açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais**. In: FORUM DE C&T NO CERRADO: Impactos econômicos, sociais e ambientais no cultivo da cana-de-açúcar de açúcar no território goiano. Goiânia: SBPC, 2007. p. 9-17.

CORREA, V. H. C. **O desenvolvimento e a expansão recente da produção agropecuária no Centro-Oeste Publicação**. 2013. 255 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia/Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

CUNHA, M. C.; OLIVEIRA, F. A.; THOMAZ, E. L. Interceptação de fluxo subsuperficial causado por estradas rurais na bacia do rio guabiroba, Guarapuava-PR. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 14, p. 164-169, 2014.

CUNHA, M. C. **Processos hidrológicos subsuperficiais influenciados por cortes de estradas não pavimentadas**. 2016. 115 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Curitiba, Paraná, 2016.

DALOSTO, J. A. D.; COLTURATO, S. C. O.; PASQUALETTO, A. Estradas vicinais de terra: estudo técnico da rodovia mt-336. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 13, n. 23, 2016. https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_147

DESCLÉE, B.; BOGAERT, P.; DEFOURNY, P. Forest change detection by statistical object based method. **Rev. Remote Sens**, Environ, 102, 1–11, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.01.013>

DONNGES, Ch.; EDMONDS, G.; JOHANNESSEN, B. Rural Road Maintenance - **Sustaining the Benefits of Improved**, Bangkok: International Labour Office, 2007

DUNGAN, J. L. *et al.* A balanced view of scale in spatial statistical analysis. **Ecography**, p.626–640, 2002. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2002.250510.x>

FATTORI, B. J. **Manual para manutenção de estradas de revestimento simples**. 2007. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**, 3 ed. ampliada e atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

FRANCO, Í. O. Expansão da cana-de-açúcar na microrregião sudoeste de goiás: análise espacial das mudanças do uso e cobertura do solo nos anos de 2001, 2006 e 2011. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 481-499, 2014.

FRANCO, Í. O.; ASSUNÇÃO, H. F. da. Usos do solo no advento do agronegócio da cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás estudo de caso do município de Jataí. **Revista Ciência e Cultura** [online], São Paulo, v. 63, n. 3, p. 33-36, julho, 2011. <https://doi.org/10.21800/S0009-67252011000300013>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A geografia da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro, 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2013. 170 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>. Acesso em: 07 de jan. de 2020.

KOTTEK, M. *et al.* **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, v. 15, n. 3, p. 259-263, jun. 2006. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

LIONÇO, E.; BRESSAN, J.; SILVA, C. M. Sistematização da área para implantação da colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 20-25, dez. 2010.

MARQUES, K. M.; ALVES, K. C. M.; BORGES, R. M. **A logística de transporte da cana-de-açúcar como uma especificidade da logística geral aplicada ao setor sucroalcooleiro**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas de Presidente Prudente, Presidente Prudente/SP, 2006.

MARTIN, P. S. **Determinação do potencial de perda de solo através do sistema de informação geográfica (SIG) para priorização de estradas rurais no município de Ouro Verde/SP**. 2018. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2018.

MARTINS, D. D. S. A. **Proposta de modelo para análise do modal rodo-ferroviário no transporte da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro**. 2014. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 2014.

MEURER, A. P. S. **Análise da agroindústria canavieira nos estados do Centro-Oeste do Brasil a partir da matriz de capacidades tecnológicas**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado

em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.

MEURER, A. P. S.; LOBO, D. S. Caracterização da Logística do Sistema Agroindustrial (SAG) da Cana-de-Açúcar no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Economia & Gestão**, v. 15, n. 39, p. 45-65, 2015. <https://doi.org/10.5752/P.1984-6606.2015v15n39p45>

MOREIRA, A. N. H. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de roteirização do transporte canavieiro**. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

NAGI, R. **On map scale and raster resolution**. ArcGIS Blog. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/on-map-scale-and-raster-resolution/>, 12 de dezembro de 2010.

NASCIMENTO, I. S. do *et al.* Avaliação da Exatidão dos Classificadores Maxver e Isso Cluster do Software ArcGIS for Desktop, com uso de Imagem Landsat 8 do Município de Cáceres/MT. **Revista Continentes (UFRRJ)**, v. 5, n. 8, p. 48-62, 2016.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; CONSOLI, M. **Mapeamento e quantificação do setor sucroenergético 2008**. Ribeirão Preto: MARKESTRAT/FUNDACE/UNICA, 2009.

NUNES, E. F. **Cana-de-açúcar: a produção de etanol e seus benefícios**. Monografia (Curso Técnico em Agronegócios) - Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de São Paulo, Barretos, 2017.

OLIVEIRA, J. F. de *et al.* Uso do software Estradas para determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas do interior de Goiás. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n.1, p. 17-22, jan/fev, 2011 <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000100003>

PITILIN, G. R. **Aplicação de metodologia de avaliação da trafegabilidade das estradas rurais na microrregião de toledo – PR**. 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Toledo, Toledo, 2020.

REZENDE, E. N.; COELHO, H. A. Impactos ambientais decorrentes da construção de estradas e suas consequências na responsabilidade civil. **RVMD**, Brasília, v. 9, nº 2, p. 155-180, Jul-Dez, 2015. <https://doi.org/10.18840/1980-8860/rvmd.v9n2p155-180>

RODRIGUES, G. S. de S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil [recurso eletrônico]: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: EDUFU, 2020.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7 ed. Uberlândia, EDUFU, 2009.

SCARPINELLA, G. D'A.; MIRANDA, R. B; MAUAD, F. F. Carreadores da cultura da cana-de-açúcar: vantagens e desvantagens do tratamento do subleito. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 29, setembro de 2013.

SCARPINELLA, G. D'A. **Erosão em carregadores da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso na bacia do Ribeirão do Feijão (SP)**. 2012. 201. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

SCHREINER, J. M. **Rodovias**: o progresso do agronegócio passa por aqui. Disponível em: <https://www.sucessonocampo.com.br/artigos/rodovias-o-progresso-do-agronegocio-passa-por-aqui/>, 29 de abril de 2015.

SILVA, S. D.; PIETRAFESA, J. P.; SANTOS, A. E. A. F.; O Cerrado e a Produção Sulcroalcooleira: expansão e transferência histórico-geográfica da produção de etanol em Goiás. In: PIETRAFESA, J. P.; SILVA, S. D. **Transformações no Cerrado**: progresso, consumo e natureza. Goiânia: Ed. da PUC Goiás, 2011. p. 21-46.

SILVA, W. F. da. **Da agroindústria canavieira ao setor sucroenergético em Goiás**: a questão técnico-gerencial e as estratégias de controle fundiário. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Goiânia, 2016.

SILVA, W. F. da. **O avanço do setor sucroenergético no cerrado**: os impactos da expansão canavieira na dinâmica socioespacial de Jataí. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2011.

SIQUEIRA, P. H. L. *et al.* Determinantes de localização da agroindústria canavieira em Goiás. **Economia & Gestão**, v. 13, p. 159-173, 2013. <https://doi.org/10.5752/P.1984-6606.2013v13n33p159>

SOULARD, C. E.; ACEVEDO, W.; STEHMAN, S. V. Removing rural roads from the National Land Cover Database to create improved urban maps for the United States, 1992-2011. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 84, n. 2, p. 101-109 February 2018. <https://doi.org/10.14358/PERS.84.2.101>

TAVARES, R. A.; MAINARDI, C. F. A Importância das estradas vicinais para os produtores de arroz e soja do município de Dom Pedrito (RS). **Revista Agropampa**, v. 1, n. 1, janeiro – junho / 2017

TEIXEIRA, L. de A. **Expansão e logística do setor sucroenergético no triângulo mineiro**. 2016. 59 f. Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2016.

TOBLER, W. Measuring spatial resolution. In: **LAND RESOURCES INFORMATION SYSTEMS CONFERENCE**, 1., Beijing, China, 1987. p. 12-16.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Downloads de imagens Landsat**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 de jan. de 2020.

WONDEMUA, K. A.; WEISSD, J. **Rural Roads and Development: Evidence from Ethiopia**, v. 12, n. 4, 2012. p. 417-439.

WU, J.; LI, H. Concepts of scale and scaling. In: J. WU, B. JONES; H. LI; LOUCKS, O. (Eds.) **Scaling and uncertainty analysis in ecology**: methods and applications. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2006. p.3–16. https://doi.org/10.1007/1-4020-4663-4_1

ZHAO, D.; LI, Y. R. Climate Change and Sugarcane Production: Potential Impact and Mitigation Strategies. Hindawi Publishing **Corporation International Journal of Agronomy v.**, p. 10, 2015. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/547386>.

ZOCCAL, J. C.; SILVA, P. A. R. Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais: causas consequências e problemas na manutenção e conservação estrada rural. **CODASP**, São José do Rio Preto, v.2, n.2, p. 118, 2016.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA REDE DE DRENAGEM E REDE VIÁRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, JATAÍ-GO

RESUMO

Estudos referentes à análise morfométrica são de extrema importância para o conhecimento hidrogemorfológico em bacias hidrográficas. Contudo, as estradas rurais, em sua maioria, não são consideradas nessas análises. Sendo assim, o objetivo deste capítulo foi aplicar a metodologia de análise morfométrica para extrair informações sobre a rede de drenagem, os parâmetros de relevo e suas relações com a rede viária da bacia. Como metodologia, utilizou-se a pesquisa bibliográfica para investigação científica das informações sobre o tema levantado e as medidas quantitativas para extração de informações de rede de drenagem (área, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, entre outras) e rede viária (densidade de estradas, número de cruzamento de canais fluviais X estradas, entre outras) da bacia por meio de parâmetros morfométricos. Para isso, foram utilizados os softwares ArcGIS® 10.6.1 e Excel 2019. Como resultados, identificou-se que a bacia apresenta hierarquia fluvial de quarta ordem, sua área é de 903,6 km², a densidade de drenagem é de 0,45 km/km² e quando inseridas as estradas rurais na análise, a densidade de estradas aumenta durante os anos analisados, como também o número de cruzamento de canais fluviais e estradas, a cana-de-açúcar sendo inexistente em 2005. Com a chegada da usina sucroenergética na região em 2009, a cana-de-açúcar aparece no mapa de 2010 com 0,36% de área, em 2015 com 6,53% e em 2020 com 8,50%. Conclui-se que a análise de parâmetros morfométricos é primordial para gerar novos conhecimentos sobre a bacia estudada, e as estradas rurais devem ser incluídas nas análises, uma vez que influenciam os aspectos hidrogemorfológicos das bacias. Na bacia do ribeirão Paraíso, o aumento da densidade de drenagem está diretamente relacionado ao aumento das estradas e cana-de-açúcar, e com a inclusão das estradas na análise morfométrica, a bacia aumenta sua capacidade de drenagem e com isso as estradas tornam-se fontes principais de conexão de vertente e rio, alterando de forma significativa a resposta hidrológica em bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Estradas rurais. Drenagem. Cruzamento estradas e rio.

ABSTRACT

Studies related to morphometric analysis are extremely important for hydrogeomorphological knowledge in hydrographic basins. However, most rural roads are not considered in these analyses. Therefore, the objective of this chapter was to apply the methodology of morphometric analysis to extract information about the drainage network, the relief parameters and their relationships with the road network of the basin. As a methodology, bibliographic research was used for scientific investigation of information on the topic raised and quantitative measures to extract information from the drainage network (area, drainage density, maintenance coefficient, among others) and road network (density of roads, number of river channels crossing X roads, among others) of the basin through morphometric parameters. For this, ArcGIS® 10.6.1 and Excel 2019 software were used. As a result, it was identified that the basin has a fourth-order river hierarchy, its area is 903.6 km², the drainage density is 0.45 km/km² and when rural roads are included in the analysis, the density of roads increases during the years analyzed, as does the number of river channels and roads crossing, sugarcane being non-existent in 2005. With the arrival of the plant sugarcane industry in the region in 2009, sugarcane appears on the 2010 map with 0.36% of area, in 2015 with 6.53% and in 2020 with 8.50%. It is concluded that the analysis of morphometric parameters is essential to generate new knowledge

about the studied basin, and rural roads should be included in the analysis, since they influence the hydrogeomorphological aspects of the basins. In the Paraíso stream basin, the increase in drainage density is directly related to the increase in roads and sugarcane, and with the inclusion of roads in the morphometric analysis, the basin increases its drainage capacity and with this the roads become main sources of slope and river connection, significantly altering the hydrological response in hydrographic basins.

Keywords: Rural Basin. roads. Drainage. Crossing.

2. INTRODUÇÃO

Estudos referentes à análise morfométrica em bacias hidrográficas vem sendo executados e sua importância é ressaltada por vários autores (CHRISTOFOLETTI, 1969; LANA; ALVESE; CASTRO, 2001; ALCÂNTARA; AMORIM, 2005; FERRARI *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2019; DORNELLAS *et al.*, 2020). Para Teodoro *et al.* (2007), esse é um dos primeiros procedimentos executados em análises hidrológicas e/ou ambientais de bacias hidrográficas.

Embora as análises morfométricas sejam de extrema relevância, muitas vezes, um dos elementos presentes em bacia rural, como exemplo cita-se as estradas rurais, não são considerados nessas análises. As estradas rurais, segundo Pletsch (2020), são meios de ligação de áreas rurais a urbanas, que levam pessoas a suprirem suas necessidades básicas de saúde, educação e lazer. Martin (2018) destaca que são importantes carreadoras das riquezas da nação, como também de acesso a manutenções da vida e do trabalho na zona rural, com escoamento de insumos e produções. Silva (2020) salienta que as estradas rurais atuam como um dos principais meios logísticos de safras e produtos agrícolas.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-Jataí-GO, a produção de cana-de-açúcar está associada ao aumento das estradas rurais na dinâmica temporal que compreende 2005, 2010, 2015 e 2020, pois a partir do surgimento da cana-de-açúcar na área, houve um aumento concomitante das estradas rurais, sendo que, para Souza e Cunha (2021, p.127), as estradas rurais são importantes no “desenvolvimento social e econômico e a cana-de-açúcar como produtor de matéria prima essenciais a economia mundial” e complementam que devem ser realizadas manutenções, planejamento e monitoramento nas estradas para que continuem oferecendo o que têm de finalidade.

Portanto, inserir as estradas em estudos hidrológicos em bacias hidrográficas é fundamental. Baucke, Pinheiro e Kaufmann (2019) ressaltam que devido às estradas serem

construídas sem um planejamento e com poucas manutenções são passíveis de alta contribuição sedimentológica aos corpos hídricos, e há poucas observações realizadas pela comunidade científica. No estudo de Ramos-Scharrón e Figueroa-Sánchez (2017), que avaliou os impactos em uma área de cultivo e de estradas de acesso, os autores constataram que as estradas, mesmo com representatividade pequena na área, contribuíam com 60% dos sedimentos suspensos e transportados durante o ano. Por fim, os estudos de Tiecher *et al.* (2014), que buscavam esclarecer fontes de sedimentos em suspensão em uma bacia hidrográfica, constataram que as estradas rurais, em períodos chuvosos, representam quase 70% da produção de sedimentos na totalidade.

Comentam Silva *et al.* (2018, p.5) que “os cruzamentos entre o sistema viário e a hidrografia caracterizam-se por maior suscetibilidade à obstrução, quanto maior for a magnitude fluvial (ordem dos canais da rede hidrográfica), a montante da seção do arroio com a estrada”, para os autores essa classificação foi importante, pois permitiu caracterizar o grau de influência que o curso de água tem sobre uma estrada que o perpassa ou tangencia.

As pesquisas realizadas geralmente se focam nos parâmetros: área da bacia, perímetro, comprimento, comprimento total dos cursos fluviais, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, entre outros, deixando lacunas no que se refere à morfometria da rede viária. Embora esses parâmetros sejam muito importantes, existe uma carência de estudos que considerem as estradas nas análises morfométricas, e essas devem ser consideradas, pois alteram a dinâmica da bacia hidrográfica.

Cunha e Thomaz (2017, p.431) reforçam que “o comportamento hidrológico de estradas é a chave para compreensão dos seus efeitos na dinâmica de bacias hidrográficas” (CUNHA, 2010; CUNHA; THOMAZ; VESTENA, 2010; CUNHA, 2011; CUNHA; OLIVEIRA; THOMAZ, 2014, e outros). Esse comportamento hidrológico de estradas é variado, conforme Cunha *et al.* (2021): há a facilidade de a estrada interceptar o fluxo subsuperficial, ou seja, as estradas interceptam a água em subsuperfície e podem ampliar a rede de canal natural; as estradas podem atuar também com fluxo de água nas vias e se tornar uma rede de drenagem artificial, complementando o sistema de drenagem natural da bacia; e “as estradas alteram os processos geomorfológicos e hidrológicos e, por extensão, afetam o movimento de água e sedimento na bacia hidrográfica” (CUNHA *et al.*, 2021, p.55).

Alves, Azevedo e Silva (2014) destacam que conhecer o ambiente físico é fundamental para contribuir com o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas por ações antrópicas. Complementam Georgin, Oliveira e Rosa (2015) que o conhecimento de parâmetros morfométricos calculados auxilia o

tomador de decisões a acompanhar mudanças na unidade hidrográfica, gerenciando seus usos para que haja disponibilidade total de água com qualidade, pois, conforme Tonello (2005), o comportamento hidrológico de uma bacia também é afetado por ações antrópicas, que ao intervirem no meio natural, acabam interferindo nos processos do ciclo hidrológico.

Desta forma, estudos morfométricos em bacias hidrográficas, para Siqueira *et al.* (2012), são essenciais para a caracterização de potencialidades e limitações ao uso do solo e para o planejamento adequado de atividades a serem desenvolvidas, seja por meio dos estudos diagnósticos ou da análise dos riscos de degradação dos recursos naturais, uma vez que a falta de planejamento pode gerar impactos no solo e nos recursos hídricos. Azevedo *et al.* (2020) destacam que características morfométricas das bacias hidrográficas podem mostrar informações importantes relacionadas à formação e ao desenvolvimento das mesmas, devido aos processos hidrológicos e geomorfológicos que ocorrem dentro da bacia.

Aguar, Cruz e Coe (2019) destacam que merece destaque o baixo custo de aquisição dessas informações, haja vista que é possível se obter um banco de dados sistematizado e atualizado de conhecimento sobre a dinâmica hídrica da área mais eficiente e eficaz, e ainda possibilitar o uso racional dos seus recursos.

Portanto, a análise de parâmetros morfométricos consiste em realizar um levantamento de índices numéricos que classificam as redes de drenagem (SIQUEIRA *et al.*, 2012), e a rede viária (CUNHA; THOMAZ; VESTENA, 2010; CUNHA, 2011), com o objetivo de esclarecer as várias questões sobre as dinâmicas ambiental, local e regional (TEODORO *et al.* 2007). Assim, neste capítulo o objetivo foi aplicar a metodologia de análise morfométrica para extrair informações sobre a rede de drenagem, os parâmetros de relevo e suas relações com a rede viária presente na bacia.

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.1 Obtenção de dados

A princípio, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que permitiu uma investigação científica sobre informações e dados do tema levantado. Em seguida, partiu-se para as atividades de gabinete, em que se utilizou os *softwares* com licença de uso para o laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Jataí, ArcGIS® 10.6.1 e Excel 2019 para a extração de informações sobre a rede de drenagem e a rede viária da bacia por meio de parâmetros morfométricos.

Para a obtenção de informações sobre a rede de drenagem foi utilizada a base cartográfica do limite da bacia hidrográfica e rede de drenagem em escala 1:100.000, disponibilizada pelo SIEG, e para obtenção de dados de rede viária foi utilizada a plataforma *Google Earth PRO* para geração de uma base cartográfica de estradas rurais dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 e por meio dessa base foi gerada a extração dos dados morfométricos. Para a obtenção dos parâmetros de relevo foi utilizada a imagem *SRTM* para o ano de 2020, todos os dados foram analisados em uma escala de 1:230.000.

As equações foram executadas pelo *software* Excel 2019 através dos dados obtidos pelas bases.

2.1.2 Parâmetros morfométricos de rede de drenagem

Foi realizada a extração de informações sobre a rede de drenagem pela base do SIEG, balizando-se na proposta dos autores: Horton (1945), Strahler (1957), Christofolletti (1980) e Villela e Mattos (1975). Com o auxílio dos *softwares* e equações obteve-se as seguintes informações:

- 1- Área da bacia (A): corresponde a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal;
- 2- Perímetro da Bacia Hidrográfica (P): trata-se do polígono que delimita a área da bacia, sendo determinado por meio da opção operações métricas o seu perímetro (km);
- 3- Comprimento da bacia (L): é a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e um determinado ponto situado ao longo do perímetro;
- 4- Comprimento total dos cursos fluviais (Lt): esse índice refere-se à soma de todos os comprimentos dos rios (km) da bacia.
- 5- Coeficiente de compacidade (Kc); relaciona a forma da bacia com um círculo. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade (1). O Kc é determinado baseado na seguinte equação:

$$\text{Equação (1)} \\ Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Fonte: Villela e Mattos (1975)

Sendo: Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m²).

6- Densidade de drenagem (Dd): a densidade da drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica, podendo ser calculada pela

equação:

Equação (2)

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Fonte: Villela e Mattos (1975)

Sendo: Dd corresponde à densidade da drenagem, Lt é o comprimento total de canais e A é área da bacia.

7- Número total de segmentos (Nr): de acordo com Strahler, todos os cursos d'água sem tributários são de primeira ordem, os trechos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois canais de primeira ordem, e os trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente.

8- Comprimento do rio principal (Rp): é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente.

9- Extensão do percurso superficial (Eps): representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis interdependentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. É calculada da seguinte maneira:

Equação (3)

$$Eps = \frac{1}{2Dd}$$

Fonte: Christofoletti (1980)

Sendo: Eps representa a extensão do percurso superficial e Dd é o valor da densidade de drenagem.

10- Coeficiente de manutenção (Cm): proposto por S. A. Schumm (1956), esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento. Calcula-se da seguinte forma:

Equação (4)

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 100$$

Fonte: Schumm (1956)

Sendo: Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros. Tomando como exemplo o quilômetro quadrado, representa a área dessa unidade dividida pela densidade da drenagem.

11- Densidade de rios (Dr): é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Pode ser calculada da seguinte forma:

Equação (5)

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Fonte: Christofolletti (1980)

Sendo: Dr é a densidade de rios, N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada.

12- Relação de relevo (Rr): é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal.

Equação (6)

$$Rr = \frac{H}{L}$$

Fonte: Schumm (1956)

Sendo: Rr é a relação de relevo, H é a diferença de altitude entre o ponto mais alto e o mais baixo da bacia hidrográfica e L é o comprimento do canal principal.

2.1.3 Parâmetros morfométricos de rede viária

A extração de informações seguiu a metodologia dos autores: Cunha (2010) e Cunha (2011), e também é uma metodologia de autoria própria (SOUZA, 2022). Com o auxílio dos *softwares* e equações obteve-se as seguintes informações:

13- Comprimento total das estradas rurais (Ce): é a comprimento total das estradas rurais.

14- Densidade de estradas (De). Pode ser calculado da seguinte forma:

Equação (7)

$$De = \frac{E}{A}$$

Fonte: Cunha (2010, 2011)

Sendo: De é a densidade de estradas, E é o número total de estradas e A é a área da bacia considerada.

15- Extensão do percurso superficial interceptado pelas estradas (EpsE): representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e a estrada. É calculada da seguinte maneira:

Equação (8)

$$EpsE = \frac{1}{2De}$$

Fonte: Cunha (2010, 2011)

Sendo: EpsE representa a extensão do percurso superficial interceptado e De é o valor da densidade de estradas.

16- Número de cruzamento de canais fluviais X estradas: foi realizado no ArcGIS um levantamento do número de cruzamentos de estradas com os rios por meio de bases cartográficas das duas variáveis, feito com dez pontos de controle aleatórios na bacia, sendo eles em baixa, média e alta vertente, essa distribuição teve como objetivo cobrir toda a bacia. Para estimar o número de cruzamentos por cada 1 km² foi obtida a média do número total de cruzamentos pelos 10 km² e esse foi multiplicado pela área da bacia, desta forma, obteve-se o número total de cruzamentos. Para esse levantamento foram considerados apenas os rios perenes.

Para a discussão dos resultados os dados foram tabulados e apresentados por meio de tabelas, gráficos e mapas.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.2.1 Informações de rede de drenagem e rede viária da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso

Identificou-se que a bacia apresenta hierarquia fluvial de quarta ordem, sua área é de 903,6 km², seu perímetro 167,36 km, comprimento da bacia é de 61,44 km e o comprimento total dos cursos d'água é de 404,61 km.

O resultado do coeficiente de compacidade da bacia do ribeirão Paraíso foi 1,6. Para Villela e Mattos (1975), quanto mais irregular for a bacia, maior será esse coeficiente, se o valor for acima de 1 a bacia apresenta baixa suscetibilidade a inundações e se for abaixo de 1, aproximado do 0, há possibilidade de inundações e enchentes. Conforme Teodoro *et al.* (2007) e Alves *et al.* (2017), o coeficiente abaixo ou igual a 1 corresponde a uma bacia circular e se for superior a isso, a uma bacia alongada. Assim, a bacia do ribeirão Paraíso é alongada e com baixa suscetibilidade a inundações.

Por outro lado, a densidade de drenagem da bacia do ribeirão Paraíso resultou em 0,45 km/km², o que, segundo Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1969), indica uma bacia com drenagem baixa, sendo que o parâmetro vai de bacias com baixa drenagem (0,5km/km²) a bem drenadas (3,5km/km²).

Em relação aos parâmetros morfométricos de rede viária, os resultados foram obtidos para os anos 2005, 2010, 2015 e 2020. Foi possível comparar a rede viária e a rede de drenagem, o que permitiu uma melhor análise em relação à quantidade de estradas rurais e sua distribuição na bacia, a Tabela 1 apresenta todos os índices e os resultados gerados pelos parâmetros morfométricos

Tabela 1 – Índices e resultados obtidos de parâmetros morfométricos.

Índices	Resultados Obtidos			
Área (A)	903 km ²			
Perímetro (P)	167,36 km			
Comprimento da bacia (L)	61,44 km			
Comprimento total dos cursos fluviais (Lt)	404,61 km			
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,6			
Densidade de drenagem (Dd)	0,45 km/km ²			
Número total de segmentos (Strahler, 1952) (Nr)	106			
Comprimento do rio principal (Rp)	98,4 km			
Extensão do percurso superficial (Eps)	1,11 km			
Coeficiente de manutenção (Cm)	2.222,22 m ² /m			
Densidade de rios (Dr)	0,1			
Altitude máxima	1.035 m			
Altitude média	786 m			
Altitude mínima	627 m			
Amplitude altimétrica	408 m			
Relação de relevo (Rr)	6,64 m/km			
	2005	2010	2015	2020
Comprimento total das estradas rurais (Ce)	1.564,2 km	1.607,6 km	1.828,7 km	2.416,8 km
Densidade de estradas (De)	1,7 km/km ²	1,7 km/km ²	2,0 km/km ²	2,6 km/km ²
Extensão do percurso superficial interceptado pelas estradas (EpsE)	0,294 km	0,294 km	0,250 km	0,192 km
Número de cruzamento canais fluviais X estradas	903	903	993,3	1.173,9

Organização: A autora (2020).

As estradas rurais apresentam uma mudança na dinâmica temporal (2005, 2010, 2015 e 2020), pois com a influência da introdução da produção de cana-de-açúcar na bacia, as estradas aumentaram: em 2005 (1.564,2 km), em 2010 (1.607,6 km), em 2015 (1.828,7 km) e em 2020 (2.416,8 km). Como houve o aumento de estradas, consequentemente, como era esperado, a densidade de estradas também aumentou nos anos 2005 (1,7 km/km²), 2010 (1,7 km/km²), 2015 (2,0 km/km²) e 2020 (2,6 km/km²).

A densidade de estradas se manteve estável em 2005 e 2010 (1,7 km/km²), porém quando se analisou a densidade de estradas em 2015 e 2020 (anos com aumento significativo

das áreas de cana-de-açúcar no cenário: 2010 (0,36%), 2015 (6,53%) e 2020 (8,50%) o valor foi de 2,0 km/km² e 2,6 km/km², respectivamente, ou seja, maior do que a densidade de drenagem natural na série histórica analisada (0,45 km/km²).

Somando-se a rede drenagem natural e a rede viária, a extensão atinge 1.968,8 km (2005), 2.012,2 km (2010), 2.233,3 km (2015) e 2.821,4 (2020), aumentando a densidade para 2,1 km/km² (2005), 2,2 km/km² (2010), 2,4 km/km² (2015) e 3,1 km/km² (2020). Portanto, a média da densidade de estradas no período foi 84% superior à quando se considerou apenas a drenagem natural.

Em um estudo similar na bacia hidrográfica do rio Guabiroba, Guarapuava-PR, Cunha, Oliveira e Thomaz (2014) relatam que a densidade de estradas foi de 4,02 km/km², ou seja, maior do que a rede de drenagem natural (3,4 km/km²). Somando-se a rede drenagem natural e a rede viária a extensão atinge 181,51 km, aumentando a densidade para 7,5 km/km². Portanto, com o acréscimo da densidade total com a inclusão das estradas, essa foi 54% superior à quando se considerou apenas a drenagem natural.

O aumento da densidade de drenagem considerando as estradas implica em aumento da capacidade de drenagem, potencializando o transporte de sedimentos, o assoreamento de rios, a lixiviação dos solos, entre outros.

Considerando apenas a rede de drenagem natural, esta bacia possui densidade de drenagem baixa, porém, com a inclusão das estradas, ela aumenta sua capacidade de drenagem, potencializando também o transporte de sedimentos para canais fluviais, uma vez que as estradas geram escoamento superficial em eventos pluviométricos.

Em contrapartida, quando os leitos das estradas são aprofundados, elas interceptam o fluxo subsuperficial. Ou seja, as estradas são importantes elementos hidrológicos (circulação de água) e geomorfológicos (produção e transferência de sedimento) que devem ser considerados nos estudos voltados ao planejamento de recursos naturais (CUNHA; THOMAZ, 2017).

A extensão do percurso superficial, para Villela e Mattos (1975), é a distância média do escoamento da água da chuva, desde a queda da água até o ponto mais próximo no leito de um curso fluvial qualquer na bacia, considerando-se o escoamento em linha reta. No caso da bacia do ribeirão Paraíso a distância média do escoamento de água da chuva é de 1,11 km.

Quando se analisou a extensão do percurso superficial com a interceptação do escoamento da água da chuva pelas estradas, o resultado foi menor, pois as estradas interceptam a enxurrada e desviam a enxurrada mais rápido do que o próprio rio. Em 2005, a extensão do

percurso superficial relacionado à densidade de estradas foi de 0,294 km, em 2010 de 0,294 km, em 2015 de 0,250 km, e em 2020 de 0,192 km.

Hartsog *et al.* (1997) e Cunha, Oliveira e Thomaz (2014) mencionam que a interceptação, a concentração, o redirecionamento ou a interrupção do fluxo de águas superficiais e subsuperficiais por um corte da estrada podem levar ao aumento da quantidade de água de superfície, a taxas de erosão acelerada, a um maior fluxo de pico de vazão e à redução da umidade do solo.

Por sua vez, Luce e Wemple (2001) salientam que a concentração de escoamento de superfícies de estrada quase impermeáveis e a interceptação do fluxo subsuperficial em valas aumentam a densidade de drenagem, deslocando a distribuição de água na vertente, com potencial de aumento dos fluxos de vazão.

No estudo de Alves *et al.* (2016), a extensão do percurso superficial resultou em 0,330 km na bacia do ribeirão das Abóboras Rio Verde – GO; os autores consideram uma longa distância de escoamento da enxurrada e maior tempo de concentração da água, tendo um maior risco de erosão, e por isso ressaltam que “o uso intenso deste solo deve ser associado a práticas complexas de conservação do solo” (ALVES *et al.*, 2017, p. 29).

Portanto, a interceptação do fluxo superficial e subsuperficial tem diferentes mecanismos de funcionamento. Esses mecanismos diferenciados do funcionamento hidrológico de áreas interceptadas podem alterar a dinâmica natural da bacia hidrográfica, produzindo, então, resposta hidrológica menor do que por meio da infiltração e transferência de fluxo interno no solo conectando de forma acelerada vertente e rio (CUNHA; THOMAZ, 2017).

Os estudos de Cunha e Thomaz (2017), na bacia do rio Guabiroba, Guarapuava-PR, identificaram, em um total de 130 km de estradas, 20 pontos de interceptação do fluxo superficial, sendo sete designados como fluxo de retorno (interceptação de fluxo que ocorre em lençol freático ou em áreas saturadas), cinco em fluxo *pipe* (interceptação relacionada à captura de drenagem subterrânea “pipes” são cavidades no solo), e oito em fluxo insaturado (interceptação da água paralela à vertente, formando uma lâmina d’água), “os pontos de interceptação do fluxo subsuperficial causados pelas estradas rurais, prejudicam a qualidade da faixa de rolamento e podem mudar a resposta hidrológica da bacia ou da vertente” (CUNHA; OLIVEIRA; THOMAZ, 2014, p. 166).

“O coeficiente de manutenção representa uma medida de textura do solo, serve basicamente para determinar a área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de escoamento permanente” (TRAJANO *et al.*, 2012, p. 21). A área mínima necessária para

manutenção em 1 m na bacia do ribeirão Paraíso é de 2.222,22 m²/m. Para Moura (2017, p. 83), “esse parâmetro corresponde à área necessária para formação de um canal com fluxo perene”.

Utilizando a mesma lógica de Silva *et al.* (2018), os dados de coeficiente de manutenção (1.408,45 m²/m) são elevados, necessitando de uma área considerável para a manutenção. Também para Degrande e Firmino (2020), o coeficiente de manutenção (1.402,5 m²/m) é considerado alto, e ainda para Teixeira *et al.* (2019), o coeficiente de manutenção da bacia é considerado alto (1.496,80 m²/m).

Os resultados dos estudos de Bolotari Júnior (2019) indicam 1.356,5 m²/m de área necessários para manter perene cada metro de canal da bacia. Queiroz, Sales e Crispim (2018) tiveram o valor de 1.785 m²/m encontrado, e ressaltam que o valor é elevado e indica que a bacia não é rica em cursos d’água, relatam ainda que esse coeficiente é predominante em áreas de relevo mais plano, e que esse valor diminui em relevos mais ondulados.

Bolotari Júnior (2019) destaca que o comportamento pode ser explicado pela ocorrência de chuvas de grandes intensidades nas áreas planas (características semelhantes às da bacia do ribeirão Paraíso, com período chuvoso bem definido e relevo em sua maior parte plano) em que o escoamento superficial tende a se concentrar e a formar fluxos preferenciais gerando os canais que compõem a rede de drenagem, enquanto no relevo mais acidentado o escoamento tende a seguir a declividade natural do terreno, escavando o solo em pontos de menor resistência, ocasionando maior concentração de canais naturais e, desta forma, maior densidade de drenagem. São essas as características de clima e relevo que podem explicar o alto índice de coeficiente de manutenção na bacia do ribeirão Paraíso.

A densidade de rios, para Machado e Souza (2005, p. 8375), possibilita identificar propriedades do substrato rochoso e de permeabilidade do terreno, assim, “baixas densidades mostram que o substrato é rochoso, enquanto altas densidades mostram um substrato mais permeável”. Na bacia o resultado foi de 0,1, considerando um substrato rochoso.

Para a possibilidade de gerar novos cursos d’água Oliveira *et al.* (2013) destacam que o resultado deve ser de valores superiores a 2,0, contudo, na bacia do ribeirão Paraíso o valor é inferior ao proposto pelos autores, indicando dificuldade de geração de novos canais devido à litoestrutura da bacia.

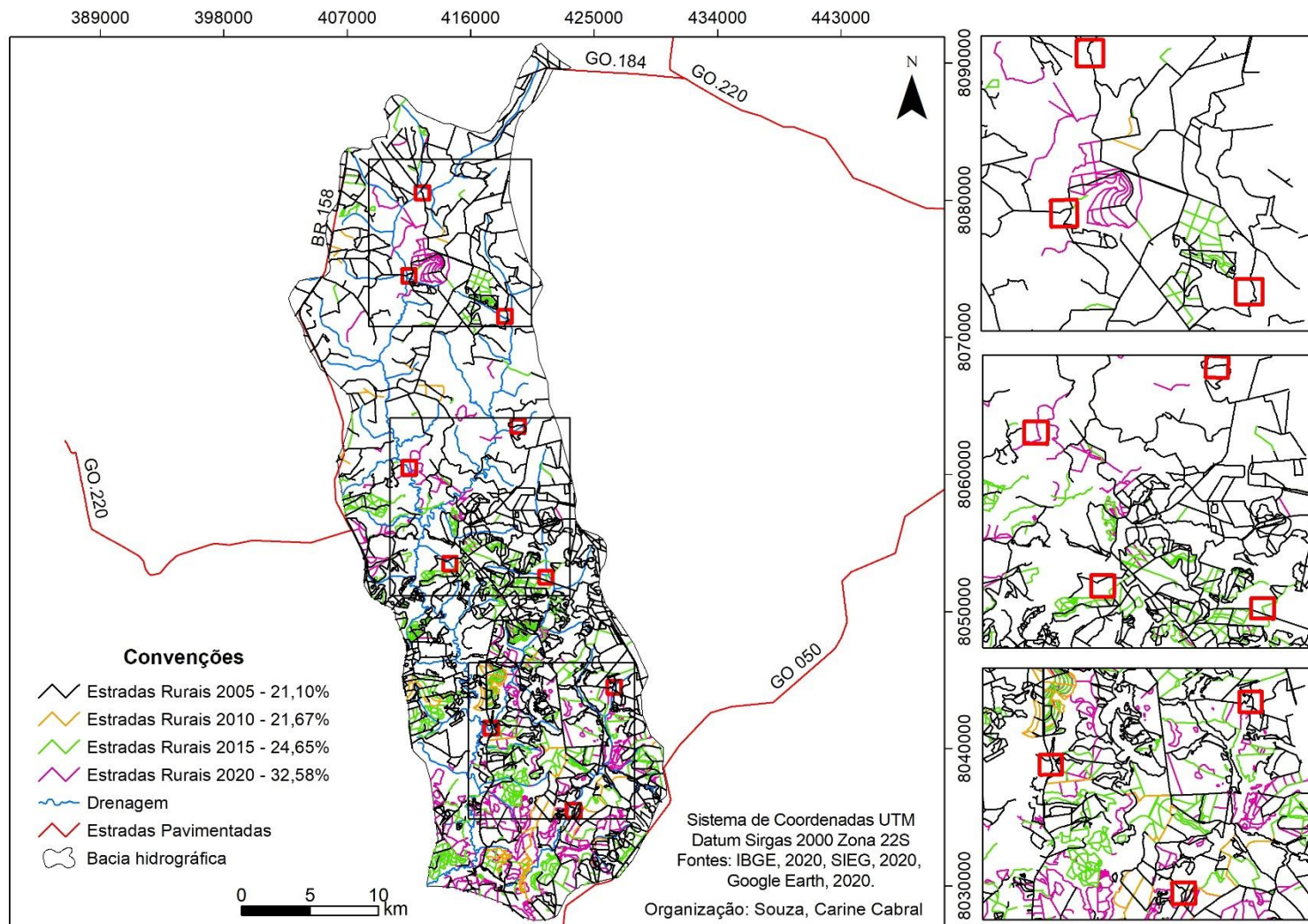
Os autores complementam que “é importante ressaltar que o cálculo da densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água” (MACHADO; SOUZA, 2005, p.8378).

Em relação às características de relevo, a bacia apresenta altitude máxima e mínima de 1.035 e 627, respectivamente, desta forma, o valor encontrado para amplitude altimétrica foi de 408 m, resultando em uma relação de relevo de 6,64 m/km, indicativo de uma bacia com relevos planos. Para Lopes *et al*, (2018, p.36): “o relevo exerce influência no desenvolvimento do perfil do solo, nas respostas de deflúvio da precipitação e sua respectiva velocidade do escoamento superficial”.

Em relação ao número de cruzamentos de estradas X canais fluviais, em dez pontos de controle selecionados aleatoriamente na bacia (Mapa 1), levando em consideração a área da mesma (903 km²), houve um total de 903 em 2005 e 2010, 993,3 em 2015 e 1.173,9 em 2020. Lembrando que foram considerados para essa análise os rios perenes com as estradas vicinais não pavimentadas.

Evidencia-se que esse aumento significativo no número de cruzamentos de estradas X canais fluviais nos anos de 2015 e em especial 2020 está associado ao aumento das estradas rurais e da cultura da cana-de-açúcar.

Mapa 1 – Número de cruzamento canais fluviais X estradas: 2005, 2010, 2015 e 2020.



Organização: A autora (2021).

Assim, a conectividade hidrogeomórfica nas estradas que cruzam os rios pode afetar a dinâmica do fluxo natural, que pode ser completamente controlado pelos processos hidrogeomorfológicos da rede viária (THOMAZ; PERETTO, 2016).

Lima (2004), França Júnior e Cunha (2020) ressaltam que em áreas rurais as redes viárias geralmente não pavimentadas funcionam como ponto de entrada de carga sedimentar quando são conectadas a canais fluviais por meio de cruzamentos. Lima (2004) classifica mecanismos de transferência de sedimentos a partir das estradas: (1) erosão de estradas paralelas a canais, (2) erosão de estradas que cruzam canais e (3) rompimento de aterros com cruzamentos.

Reid e Dunne (1984) destacam que estradas sem pavimentação merecem atenção especial pela conectividade hidrológica que faz a transferência de sedimentos diretamente aos canais. Para Thomaz (2005), as estradas cortam grande número de rios, e as drenagens laterais nas vias fazem com que as águas cheguem rapidamente às redes de drenagem e aumentem a vazão.

Através da análise morfométrica foi possível alcançar várias características da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, as quais apresentam importância significativa em estudos hidrogeomorfológicos que poderão subsidiar a tomada de decisão em processos de gestão e planejamento da referida bacia. Além disso, com a inclusão das estradas rurais nos estudos são agregadas informações relevantes no que diz respeito à manutenção da qualidade ambiental da bacia.

As estradas rurais interferem na dinâmica hidrológica da bacia do ribeirão Paraíso, e com o aumento da densidade de drenagem que altera os demais processos morfométricos, mesmo as estradas sendo fundamentais para o desenvolvimento econômico e social em áreas rurais, é necessário dar a devida atenção a sua implantação e manutenções, uma vez que as alterações no sistema de drenagem estão diretamente ligadas à sua presença. O aumento das estradas está relacionado ao aumento da produção de cana-de-açúcar, e isso refletiu diretamente na densidade de drenagem e no número de estradas e canais fluviais, o que pode gerar problemas ambientais que merecem atenção especial por parte dos responsáveis pelo setor.

2.3 CONCLUSÃO

A análise de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas tem grande relevância por gerar novos conhecimentos sobre a bacia estudada, os quais propiciam novas formas de pensar e agir ambientalmente.

É essencial que haja a inclusão dos parâmetros morfométricos de estradas rurais nas análises, pois eles podem trazer resultados diferentes de quando são considerados somente os parâmetros “principais” usuais na maioria dos estudos ambientais gerados em bacias hidrográficas.

As estradas próximas a redes hidrográficas geram uma nova dinâmica às vertentes, acelerando processos morfogenéticos em relevos, os quais refletem em toda área de estudo. Na bacia do ribeirão Paraíso, o aumento da densidade de drenagem está diretamente relacionado ao aumento das estradas e cana-de-açúcar, principalmente nos anos de 2015 e 2020, alterando a dinâmica morfométrica da mesma.

O aumento total de cruzamentos de estradas e canais fluviais foi de 270,9 no período analisado. Esse aumento significativo de cruzamentos de estradas com o rio pode implicar diretamente no transporte de sedimentos para os canais fluviais, no assoreamento e na poluição dos rios. Já a extensão do percurso superficial diminui gradativamente à medida que aumentam as estradas, o que pode refletir na alteração do sistema de drenagem da bacia, assim como na interceptação do fluxo superficial e subsuperficial.

Com a inclusão das estradas a bacia aumenta sua capacidade de drenagem, potencializando também o transporte de sedimentos para canais fluviais. As estradas se tornam fontes principais de conexão de vertente e rio, alterando de forma significativa a resposta hidrológica em bacias hidrográficas de modo geral.

Os estudos morfométricos passaram por inovações importantes com o uso de geotecnologias, otimizando e facilitando a obtenção e o manuseio de dados, e com a inclusão de estradas rurais nas análises, os estudos se fazem mais completos, pois as estradas estão presentes em bacias hidrográficas e muitas vezes não são colocadas em questão nas pesquisas.

Portanto, as estradas rurais se constituem em elemento essencial para o desenvolvimento econômico e social da comunidade da bacia do ribeirão Paraíso, e os estudos em relação ao comportamento hidrológico de bacias rurais é fundamental para a preservação e manutenção da qualidade ambiental, principalmente no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos.

A pesquisa para a região é um avanço como referência, pois esses estudos sobre estradas rurais podem mudar significativamente a visão sobre processos erosivos, assoreamento e

conservação de cursos hídricos. Porém, tendo o proposto em mente, é papel dos gestores do município colocar em ação as práticas (manutenção, restauração) aqui reforçadas, uma vez que as mesmas fazem parte de atividades lucrativas, tanto econômicas quanto ambientais, locais.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. E. X.; CRUZ, M. L. B. da; COE, H. H. G. Análise e compartimentação morfométrica da rede de drenagem da vertente úmida da serra de Uruburetama – CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, **anais eletrônicos**. Fortaleza - CE, p. 1-12. 2019. disponível em: <http://www.editora.ufc.br/images/imagens/pdf/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/1346.pdf>
- ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. de J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 14 p. 70-77, fev/2005.
- ALVES, T. L.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do riacho dos Namorados, São João do Cariri – PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista de Geografia**, v. 31, n. 3, p. 130-148, 2014.
- ALVES, W. *et al.* Análise de aspectos físicos da bacia do córrego bonsucesso, localizada em Jataí (GO), Brasil, apoiado em geotecnologias. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 11, n. 1, 2017.
- ALVES, W. S. *et al.* Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras – Rio Verde (GO). **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 652-667, 2016.
- AZEVEDO, P. V. *et al.* Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açú: trecho do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 434-444, 2020. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0039>
- BAUCKE, A. S.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Contribuição hidrossedimentológica das estradas rurais em bacias hidrográficas com pequenas e médias propriedades. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 53, p. 13-32, 30 dez. 2019. <http://doi.org/10.5327/Z2176-947820190503>
- BOLOTARI JÚNIOR, N. **Análise morfométrica e hidrológica da bacia do ribeirão estiva, afluente do rio paraibuna, Juiz de Fora- MG**. 2019. Trabalho Final de Curso (Curso de Engenharia sanitária e ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CUNHA, M. C. **Avaliação da eficácia das caixas de contenção de sedimento em estradas rurais não pavimentadas na Bacia o Rio Das Pedras, Guarapuava-Pr**. 2011. 132 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2011.

CUNHA, M. C. Caracterização das estradas rurais não pavimentadas como elementos recentes na paisagem da bacia hidrográfica do rio das pedras, Guarapuava-PR. **Revista Geomae - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 01, n. 02, ISSN 2178-3306, 2010.

CUNHA, M. C.; OLIVEIRA, F. A.; THOMAZ, E. L. Interceptação de fluxo subsuperficial causado por estradas rurais na bacia do rio guabiroba, Guarapuava-PR. **Revista Geonorte**, v. 5 n. 14, p. 164 – 169, 2014.

CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. Fluxo subsuperficial interceptado por estrada rural: características e distribuição na paisagem. **Boletim Goiano de Geografia**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 429–447, 2017. <http://doi.org/10.5216/bgg.v37i3.50763>

CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Avaliação da eficácia de medidas de controle de sedimentos (caixas de contenção) em estradas rurais não pavimentadas na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava-PR. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, Porto Alegre, RS. 2010.

DEGRANDE, E. J. S.; FIRMINO, G. V. Análise morfométrica e do uso da terra da bacia hidrográfica do córrego da onça, Presidente Prudente-SP. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 38, p. 125-145, 2020. (ISSN 2237-1419) DOI: 10.21170/geonorte.2020.

DORNELLAS, P. da C. *et al.* Análise morfométrica da bacia do alto rio paraíba, região semiárida do estado da Paraíba. **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, São Paulo, v. 21, n. 3, (jul.-set.) p. 601-614, 2020.

FERRARI, J. L. *et al.* Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

FRANÇA JÚNIOR, P.; CUNHA, M. C. Conectividade de estradas rurais e rios e sua dinâmica geomorfológica em bacias hidrográficas rurais. In: FRANÇA JÚNIOR, P. (org.). **Geomorfologia do tecnógeno e antropoceno: perspectivas teóricas e estudos aplicados em ambientes urbanos**. Ituiutaba: Barlavento, 2020. 426 p. Disponível em: <https://asebabaolorigbin.files.wordpress.com/2021/04/geomorfologia-tecno-antropo.pdf>

GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L. D. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionados a inundações em as bacias hidrográficas Alto Jacuí e Vacacaí - Vacacaí Mirim - RS. **Revista Eletrônica em Meio Ambiente Gestão, Educação e Tecnologia**, Santa Maria / RS, v. 19, n. 2, p. 1357-1364, 2015.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol Soe. Am. Bull**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

LIMA, A. G. Metodologia para inventário do potencial de produção sedimentar em cruzamentos de estradas com canais fluviais. In: BATTISTELLI, M.; FILHO, M. C.;

- HEERDT, B. (Org.). **Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras**: relato de experiências. Guarapuava: Editora B & D Ltda, v. 1. p. 100-108, 2004.
- LOPES, I.; LEAL, B. G.; RAMOS, C. M. C. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 8, n. 1 p. 31-40, 2018.
- LUCE, C. H; WEPLE, B.C. Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic of forest roads. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, p. 111-113, 2001.
- MACHADO, A. C. P.; CUNHA, C. M. L. A Influência das características morfométricas do relevo na morfodinâmica: um estudo da alta bacia do rio itanhaém/SP. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n. 2, p. 298-316, 2013.
- MACHADO, G.; SOUZA, J. O. P. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Chôco – Ibaiti – PR. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina** – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo.
- MARTIN, P. S. **Determinação do potencial de perda de solo através do sistema de informação geográfica (SIG) para priorização de estradas rurais no município de Ouro Verde/SP**. 2018. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2018.
- MOURA, D. M. B. **Avaliação ambiental e fisiográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, com vistas ao abastecimento hídrico da cidade de Iporá (GO)**. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.
- OLIVEIRA, S. F. de *et al.* Análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego da onça, no município de Jataí - GO. **Geoambiente On-line**, [S. l.], n. 10, p. 01–24, 2013. DOI: 10.5216/rev. geoambie.v0i10.25957.
- PLETSCH, L. **Condições de Serventia de Estradas Rurais não Pavimentadas**: Avaliação funcional da Superfície de Rolamento de um Trecho da Malha Viária do Município de Ijuí-RS. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2020.
- QUEIROZ, P. H. B.; SALES, M. C. L.; CRISPIM, A. B. Aplicação de parâmetros morfométricos em um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti-CE: uma contribuição ao entendimento dos processos hidrogeomorfológicos. *In*: BARBOSA, L. N. *et al* (org.). **Bacias Hidrográficas e análise de seus parâmetros quantitativos**. Mossoró – RN: EDUERN, 2018. P. 200. Disponível em: http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos/C7T4_compressed.pdf
- RAMOS-SCHARRÓN, C. E.; FIGUEROA-SÁNCHEZ, Y. Plot-, farm-, and watershed-scale effects of coffee cultivation in runoff and sediment production in western Puerto Rico. **Journal of Environmental Management**, Austin, v. 202, n. 1, p. 126-136, nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.020>
- REID, L. M.; DUNNE, T. Sediment production from forest road surfaces. **Water Resources Research**, v. 20, n. 11, p. 1755, 1984.

SILVA, G. C. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 15 n. 28; p. 244, 2018.

SILVA, L. *et al.* Caracterização Geomorfométrica e Mapeamento dos Conflitos de Uso na Bacia de Drenagem do Açude Soledade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 03 p. 112-122, 2010.

SILVA, M. *et al.* Importância, patologias e recomendações técnicas para as estradas não pavimentadas da região do município de Alegrete. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 12, n. 2, 4 dez. 2020.

SILVA, R. V. *et al.* Índice de fragilidade pontual da rede viária na sub- bacia hidrográfica do arroio curuçu, zona rural de Santiago, RS. III SRHPS - SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO PARAÍBA DO SUL, 2018

SIQUEIRA, H. E. *et al.* Análise Morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do rio veríssimo, Veríssimo – MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 8, n. 15, p. 2236-2246. 2012.

SOUZA, C. C.; CUNHA, M.C. Estado da arte: estradas rurais e cana-de-açúcar: qual a associação entre esses elementos da paisagem? *In*: CUNHA, M. C.; RODRIGUES, M. J.; FRANÇA JUNIOR, P. (Orgs.). **Estudos Geográficos no Cerrado: Teorias, práticas e observações**. 1 ed. v. 1. Goiânia- GO: KELPS, 2021. 250 p. Disponível em: <https://kelps.com.br/catalogo/estudos-geograficos-no-cerrado-teorias-praticas-e-observacoes/>

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Halen: Transactions: **American Geophysical Union**, v. 38. p. 913-920. 1957.

TEIXEIRA, L. F. da C. *et al.* M. Gestão ambiental de bacias hidrográficas: aplicação de geoprocessamento como contribuição para a análise morfométrica de uma sub-bacia do Rio Jaguaribe, Ceará. *In*: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL FORTALEZA/CE – 04 a 07/11/2019

TEODORO, V. L. I. *et al.* O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236.

THOMAZ, E. L. **Processos Hidrogeomorfológicos e o Uso da Terra em Ambiente Subtropical – Guarapuava-PR**. 2005. Tese (Doutorado), USP, São Paulo, 2005.

THOMAZ, E. L.; PERETTO, G. T. Hydrogeomorphic connectivity on roads crossing in rural headwaters and its effect on stream dynamics. **Science of the Total Environment.**, v. 550, n. 1, p. 547-555, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.100>

TIECHER, T. *et al.* Contribuição das fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica agrícola sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 639-649, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S010006832014000200028>

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 2005. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005

TRAJANO, S. R. R. da S. *et al.* Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial**, Campinas, SP, p. 33, 2012.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS ESTRADAS RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, JATAÍ-GO

RESUMO

As estradas são colaboradoras do desenvolvimento socioeconômico e garantem melhoria na qualidade de vida da população, sendo muitas vezes a única forma de acesso aos serviços básicos disponíveis em áreas urbanas, como saúde, educação, lazer, trabalho e outros. Portanto, o objetivo principal desse capítulo foi diagnosticar, por meio de análise empírica, o estado de conservação das estradas rurais e áreas adjacentes, analisando as relações entre as áreas degradadas e as técnicas de conservação destas estradas. Como metodologia, utilizou-se a caracterização empírica (monitoramento), com auxílio de ferramentas de Sistema de Posicionamento Global-GPS, trena, máquina fotográfica, entre outros, e os trabalhos de gabinete com seleção de informações e criação de um banco de dados da bacia necessárias à execução da pesquisa. Foi constatado que das seis estradas analisadas, três estão comprometidas, sem medidas de prevenção ou sem manutenção adequada, uma vez que as mesmas requerem manutenções constantes para o bom funcionamento. Constatou-se processos erosivos na faixa de rolamento e áreas adjacentes como buracos, ravinas, sedimentos e ausência de sistema de drenagem. Conclui-se, portanto, que as estradas da área em questão apresentam degradação que pode prejudicar o escoamento da produção local, causando prejuízos econômicos, assim como dificuldade de deslocamento de pessoas e veículos.

Palavras-chave: Monitoramento. Manutenção. Processos Erosivos.

ABSTRACT

Roads are contributors to socioeconomic development and guarantee an improvement in the population's quality of life, often being the only way to access basic services available in urban areas, such as health, education, leisure, work and others. Therefore, the main objective of this chapter was to diagnose, through empirical analysis, the state of conservation of rural roads and adjacent areas, analyzing the relationship between degraded areas and the conservation techniques of these roads. As a methodology, empirical characterization (monitoring) was used, with the aid of Global Positioning System-GPS tools, tape measure, camera, among others, and office work with selection of information and creation of a database of the basin necessary to carry out the research. It was found that of the six roads analyzed, three are compromised, without preventive measures or without adequate maintenance, since they require constant maintenance for proper functioning. Erosive processes were observed in the roadway and adjacent areas such as holes, ravines, sediments and the absence of a drainage system. It is concluded, therefore, that the roads in the area in question have degradation that can harm the flow of local production, causing economic losses, as well as difficulty in moving people and vehicles.

Keywords: Monitoring. Maintenance. Erosive Processes.

3. INTRODUÇÃO

As estradas rurais são conceituadas como elementos geográficos na paisagem, faixas lineares de solo que proporcionam acesso a regiões, apropriadas à movimentação de pessoas, veículos e animais (CUNHA, 2011). As estradas são colaboradoras do desenvolvimento socioeconômico e garantem melhoria na qualidade de vida da população, sendo muitas vezes a única forma de acesso aos serviços básicos disponíveis em áreas urbanas, como saúde, educação, lazer, trabalho e outros (REZENDE; COELHO, 2015; FAIZ *et al.*, 2012).

Segundo o anuário estatístico dos transportes de 2019, do total de 1.720.700,0 km de estradas existentes no Brasil, cerca de 1.349.938,0 km são de estradas não pavimentadas e cerca de 213.452,0 km de pavimentadas. A Malha Rodoviária do Estado de Goiás possui um total de 96.642,1 km de rodovias, sendo 73.867,4 km de vias não pavimentadas e 12.786,4 km de vias pavimentadas (ANTT, 2020).

Segundo Souza (2019) e Moreira *et al.* (2019), as estradas são muitas vezes construídas a partir de traçados, aproveitando trilhas e caminhos, sem estudos sobre os aspectos legais e ambientais; elas precisam ser planejadas e bem executadas para minimizar custos e os impactos negativos, o que reduziria a quantidade de dispositivos de drenagem e, consequentemente, o custo de implantação e manutenção.

De acordo com Asher e Novosad (2019), as estradas têm o papel de facilitar a transformação estrutural na produtividade agrícola trazendo benefícios econômicos de valorização das áreas, e estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento, o que implica em salários mais altos, preços mais baixos para mercadorias importadas e mais altos para mercadorias exportadas. Os autores finalizam dizendo que muitas das comunidades mais pobres do mundo vivem em lugares que não estão bem conectados a mercados externos.

Migliorin *et al.* (2020, p. 1) argumentam que é pelas estradas que é feito o "escoamento dos produtos tanto de origem vegetal, quanto animal para as indústrias e centros urbanos". Conforme Pitilin (2020, p. 15), "as estradas brasileiras são o principal meio de transporte de bens, serviços e passageiros", pois a logística não é somente o transporte de produtos de ponto a ponto, mas também de passageiros (CENCI; TREVISAN; VIEIRA, 2019).

Com o crescimento das atividades agrícolas e a implantação de empreendimentos agroindustriais ocorrem, de acordo com Assis (2018) e Pinheiro, Silva e Salomão (2020), demandas pelo aumento de estradas para transporte, comercialização e distribuição de produtos. Segundo Santos e Pereira (2019), o segmento do agronegócio depende de infraestrutura e serviços logísticos (transportes, armazenagem e transbordos), porém, muitas vezes não

planejadas ou sem manutenções, essas estradas podem apresentar defeitos e más condições de rolamento. Ventura (2019), fundamentado em Oda (1995, 55), conceitua defeito como “qualquer alteração na superfície da estrada que influência negativamente as suas condições de rolamento”. Alguns exemplos, segundo Baesso e Gonçalves (2003), são buracos, poeira, afundamento de trilhos de rodas e erosão.

De acordo com Zoccal e Silva (2016), esses processos têm gerado crescentes impactos, como assoreamento nos cursos d’água, redução de processos naturais de infiltração, aumento da temperatura do solo pela falta de cobertura natural e redução de recarga do lençol freático devido à redução na infiltração. Além de impactar na “capacidade de crescimento de nosso país e na competição no mercado internacional” (ASSIS, 2018, p.2).

Impactos ambientais negativos são percebidos a partir do momento de construção da estrada, conforme Salomão *et al.* (2019), a retirada de vegetação da área em que a estrada irá passar e a retirada de excessos de solo e taludeamento podem acarretar processos erosivos e assoreamento.

Segundo Rojas e Kurek (2008), os impactos ambientais das estradas atuam negativamente sobre as capacidades funcionais dos fatores ambientais, como exemplo: erosão, deficiência ou falta de sistema de drenagem, assoreamento, instabilidade de taludes, ocorrência de inundações, depósito inadequado de resíduos sólidos e falta de cobertura vegetal.

A sociedade moderna tem se preocupado com questões ambientais, tendo em vista que impactos afetam não só o ambiente, mas também os seres que nele habitam. A construção dessas estradas, de acordo com Napolitano Júnior (2020), tão importantes para a continuação logística das produções e essenciais para o desenvolvimento econômico das regiões tem que vir junto com um estudo sobre impacto ambiental e planejamento, já adotando medidas para a mitigação desses impactos (NORA; ZEQUIM, 2019; SIQUEIRA; LIMA; LIMA, 2020).

Além de medidas de mitigação, os problemas das vias são solucionados ou mitigados com aplicação de atividades de conservação com manutenções periódicas (OLIVEIRA; BATISTA; COSTA, 2020).

A Resolução CONAMA 02/16 estabelece a lista de atividades de potenciais impactos ambientais significativos no Estado de Goiás sujeitos ao licenciamento ambiental, sendo as estradas e as demais atividades (construção, conservação, restauração, melhoramento de estradas vicinais, anel viário e carreadores e obras de arte viária associadas) consideradas na resolução como médio potencial de poluição, além disso, é descrita na mesma a competência dos municípios para emitir as devidas licenças ambientais.

Existem muitas pesquisas de diagnósticos de problemas e impactos ambientais em estradas rurais, porém, tem-se lacunas de pesquisas que buscam analisar o estado de conservação dessas estradas rurais em áreas próximas à produção de cana-de-açúcar, elemento necessário de observação, pois pode influenciar diretamente na conservação dessas estradas.

Portanto, neste capítulo, objetivou-se diagnosticar, por meio de análise empírica, o estado de conservação das estradas rurais e áreas adjacentes, analisando as relações entre as áreas degradadas e as técnicas e conservação destas estradas, esperando contribuir com incentivo e conscientização da gestão da estrada sobre a necessidade de realizar um licenciamento ambiental para uma boa gestão: ambiental, econômica e social, para a responsabilização em arcar com despesas preventivas e mitigadoras dos possíveis e/ou presentes danos ambientais gerados.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.1 Obtenção de dados

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico para melhor conhecimento sobre o tema abordado. Posteriormente, foram realizadas as atividades de campo, em que foram selecionados seis pontos estratégicos distribuídos em baixa, média e alta vertente da bacia, escolhidos com diferentes características (solo, relevo, rochas, altitude) buscando obter pontos com unidades geológicas diferenciadas para o monitoramento e assim ter pontos de controle em toda a bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso. Foram avaliados mais de um tipo de estrada por ponto amostral.

A escolha dos pontos partiu de uma amostragem, não sendo proporcionais à extensão da bacia, portanto, são representativas a sua extensão, então, os seis pontos escolhidos são o suficiente para representar 95% da área, segundo Barbetta (2011).

Os trabalhos de campo incidiram na obtenção de dados (larguras das estradas, altura dos taludes, tipo de uso da terra presente, presença ou ausência de vegetação, sistemas de drenagens e estado de conservação, defeitos na pista de rolamento e áreas adjacentes), na interpretação e também na análise das informações obtidas. Já os trabalhos de gabinete consistiram na reunião das informações necessárias à execução da pesquisa (banco de dados da bacia do ribeirão Paraíso e escolha das informações mais expressivas para a pesquisa).

O mapeamento foi feito dos anos 2005, 2010, 2015 e 2020, já a caracterização do estado de conservação das estradas rurais foi realizada de forma empírica (monitoramento) no período

de um ano (2019-2020), o objetivo foi caracterizar as estradas em dois períodos distintos (chuvoso e de estiagem).

O primeiro campo foi realizado em dezembro de 2019, sendo um campo a cada dois meses, finalizando em outubro de 2020. No total, foram realizados seis campos em seis pontos (totalizando 36 monitoramentos). Para a realização dos mesmos utilizou-se GPS de navegação para localização e marcação de coordenadas, máquina fotográfica para a captura de fotos, trena para medição de largura de estradas e de processos erosivos como ravinas e régua com fita métrica colorida para realce de medidas nas fotos e caderneta para anotação de informações observadas.

Três campos ocorreram no período chuvoso (período de maior deterioração da via), nos meses de outubro (2020) com precipitação média registrada de 205mm, dezembro (2019) com precipitação média 228.2mm e fevereiro (2020) com precipitação média 264.6mm e outros três em período de estiagem, abril (2020) com precipitação de 70.8mm, junho (2020) de 6.6mm e agosto (2020) de 0mm, os dados de precipitação média mensal foram coletados pelo INMET da estação meteorológica de Jataí. Ressalta-se que a caracterização das estradas ocorreu em baixa, média e alta vertente, sendo elas “classificadas em primárias (1), secundárias (2), e terciárias (caminhos internos) (3), a hierarquia desta classificação teve como principal embasamento a largura, comprimento e intensidade de uso (trafegabilidade)” (CUNHA, 2011, p. 33).

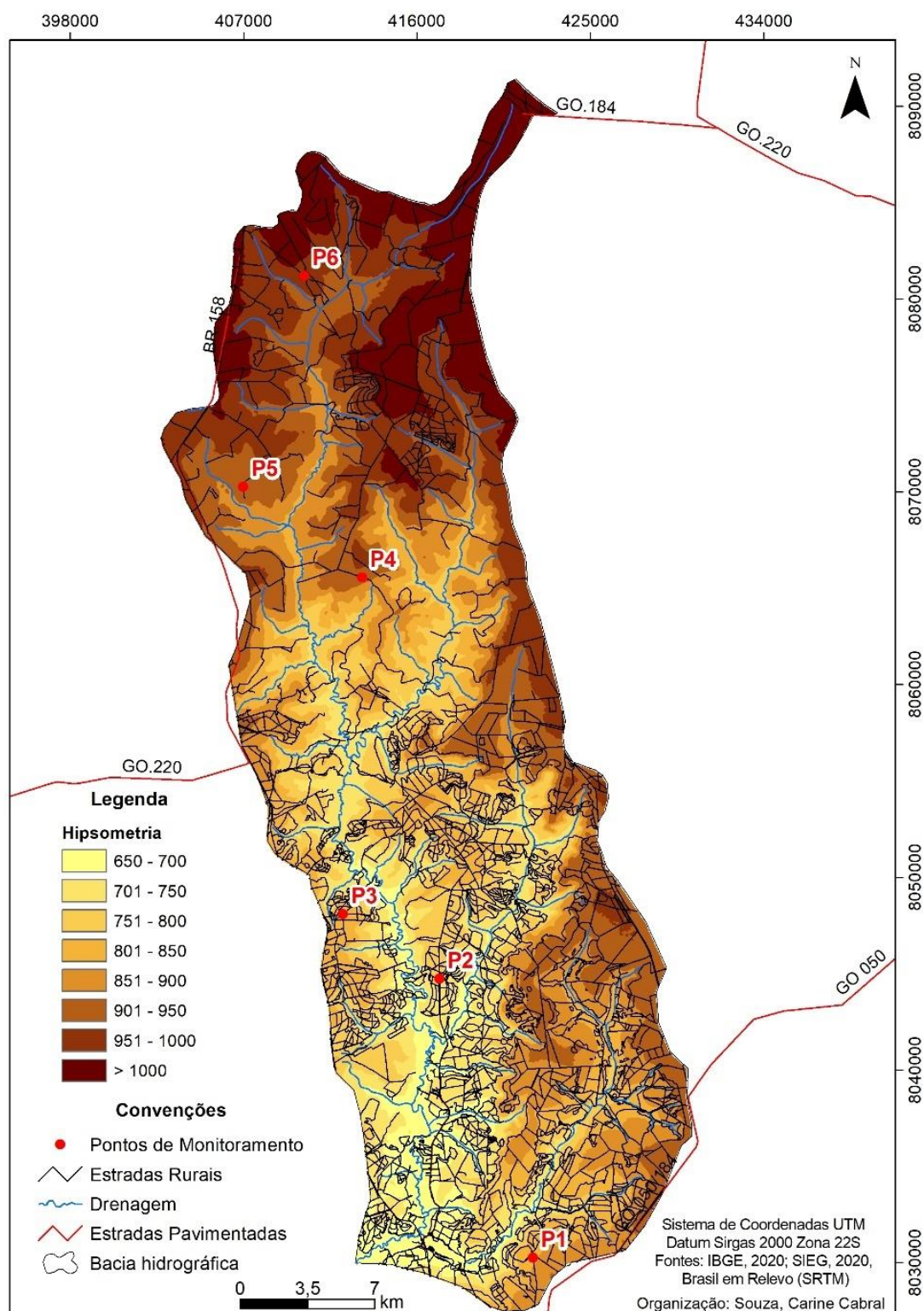
Utilizando a mesma metodologia de Cunha (2011), para o presente trabalho foi utilizada também a mesma hierarquia (largura, comprimento) de uso, porém, na bacia do ribeirão Paraíso foram classificadas por Souza (2022), sendo as estradas primárias as que apresentaram a média de 6,8 metros de largura e consideradas como estradas secundárias as que apresentaram a média de 4,3 metros.

Elaborou-se um mapa de localização dos pontos de monitoramento com classes hipsométricas, com a base de dados do Brasil em relevo SRTM, contendo oito classes com intervalos de 50 m, demonstrando uma variação de 650 m, sendo a maior de 1.000 m de altitude. O mapa serviu para a observação das altitudes que também foram aferidas em campo com o GNSS de cada ponto monitorado e sua contribuição impactante combinada com os demais fatores ambientais.

Posteriormente, foram adicionados ao mapa a rede de drenagem, a malha viária principal, o limite da bacia, e foram finalizados com *layout*, título, legenda, escala, norte, grade de coordenadas, indicação de projeção e datum, autor, data e fonte.

No Mapa 1 é representada a localização dos pontos de monitoramento na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, os quais foram apresentados juntamente com classes hipsométricas, em que é perceptível que os pontos P1, P2 e P3 estão localizados em altitudes entre 751-800 a 801-900, enquanto os pontos P4, P5 e P6 na vertente superior da bacia estão em classes de média a altas altitudes entre 851-900 a 901-950.

Mapa 1 – Localização dos pontos de monitoramento.



Organização: A autora (2021).

Em cada campo e em cada ponto do estudo foram considerados os problemas que são encontrados na plataforma da via e áreas adjacentes, com as seguintes caracterizações:

- larguras das estradas;
- altura dos taludes;
- tipo de uso da terra presente;
- presença ou ausência de vegetação nativa;
- presença ou não de lixo;
- sistemas de drenagens e estado de conservação;
- disponibilidade de material para ser transportado;
- defeitos na pista de rolamento e áreas adjacentes;
- entre outras observações.

Após a realização de todos os campos, foi possível observar as mudanças ocorridas nos dois períodos, chuvosos e de estiagem, analisados. Por fim, realizou-se uma classificação das condições das vias: estradas em boas condições de uso e estradas em más condições de uso (Tabela 1). Os resultados foram apresentados por meio de tabelas e figuras.

Tabela 1- Características das estradas em boas e más condições de uso

Estradas em boas condições de uso	Estradas em más condições de uso
Sem presença de erosão	Com acúmulo de água na faixa de rolamento
Sem presença de ravinamento	Ausência de dissipador de energia
Sem presença de vegetação na faixa de rolamento	Vegetação na faixa de rolamento
Dissipadores de energia ativos	Falta de manutenção nos dissipadores de energia

Organização: A autora (2021).

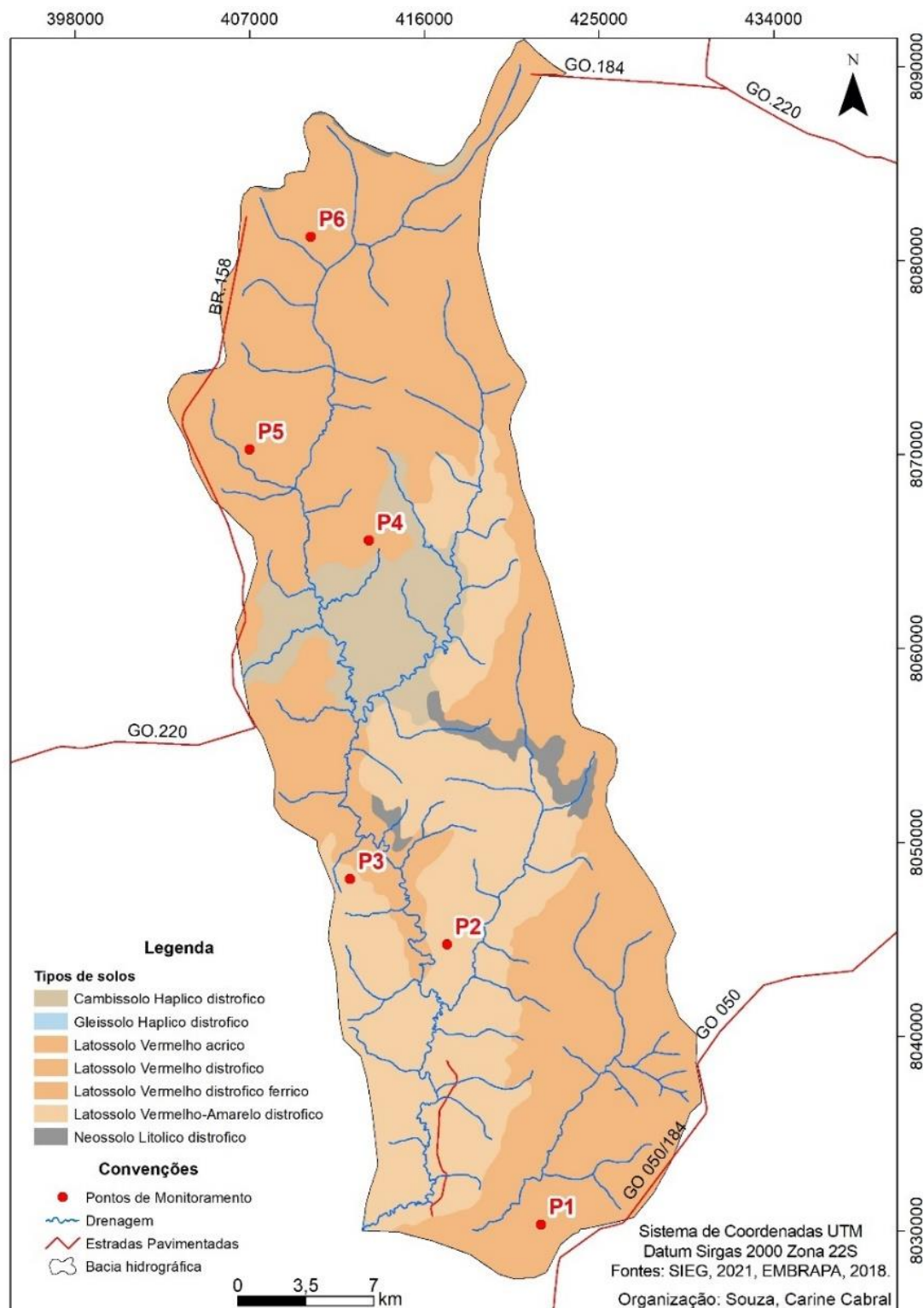
Posteriormente, elaborou-se um mapa de solos da bacia em questão, em uma escala de 1:250.000, com a base cartográfica de solos coletada do sistema SIEG e elaborada pela EMATER (agência goiana de assistência técnica, extensão rural e pesquisa agropecuária). O mapa foi organizado pela classificação de cores da EMBRAPA, identificando na bacia sete classes de solos, sendo eles: cambissolos, gleissolos, variações de latossolos e neossolos.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2.1 Caracterização do estado de conservação das estradas rurais

Os solos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso aparecem no mapa em sua maioria como latossolos (Mapa 2), porém, com as observações em campo constatou-se um predomínio de neossolos nos pontos 2, 3, 4 e 5, solos mais arenosos e mais susceptíveis à erosão. Essa diferença de solos mapeados e nos trabalhos de campo ocorre em função das escalas e das caracterizações em campo, sendo a escala do mapa 1:250.000 muito pequena para a riqueza de detalhes em relação à caracterização em campo.

Mapa 2 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso



Organização: A autora (2021).

Na sequência, encontra-se a descrição em detalhes dos seis pontos monitorados:

De modo geral, as estradas apresentaram problemas na maioria dos pontos observados ao longo dos monitoramentos, com manutenções insuficientes ou inexistência de sistema de drenagem, mas, em períodos de estiagem as vias se encontraram em melhor funcionamento. Notou-se que com o tempo as estradas necessitam de manutenção para o bom funcionamento da via. As condições dessas estradas (tipo de solo, clima, topografia, tráfego e frequência de manutenção), conforme comenta Nunes (2003), influenciam claramente no surgimento de defeitos nas vias.

Nas estradas devem constar sistemas de drenagem que, de acordo com Baesso e Gonçalves (2003), são dispositivos responsáveis por proporcionar escoamento das águas que caem sobre as estradas e arredores, sendo eles: caixas de infiltração, valas de escoamento, bigodes, dissipadores de energia, murundum, etc. Santos *et al.* (2019) afirmam que um sistema de drenagem eficiente é essencial para as estradas rurais e sem uma drenagem eficiente, cedo ou tarde, a pista sofrerá sua deterioração total, sendo que as águas têm um poder destrutivo sobre elas, segundo Araújo (2019), a degradação das estradas está diretamente ligada a má drenagem.

Donnges, Edmonds e Johannessen (2007) afirmam que quaisquer que sejam os benefícios que as estradas proporcionam, terão vida curta se não forem mantidas, a manutenção proporciona conservar as estradas abertas, reduzir taxas de deterioração, prolongar a vida útil, reduzir custos e melhorar a velocidade de veículos. A falta de manutenção causa: aumento dos custos de transporte, declínio do acesso às áreas rurais e perda de desenvolvimento econômico.

Nas palavras de Donnges, Edmonds e Johannessen (2007), estradas bem projetadas podem durar mais de 20 anos se houver manutenção adequada, porém, a maioria delas é frequentemente submetida a manutenções insuficientes e são reconstruídas assim que causam total degradação, ou ainda, são realizadas as manutenções apenas durante o processo de colheita e plantio, ou período de rolagem, que é quando dependem das vias de circulação para a retirada da produção. O fato delas serem reconstruídas demonstra sua importância, pois se submetem a reinvestir em sua reconstrução. A seguir, destaca-se as características dos pontos monitorados na bacia.

Ponto 1: latitude 8030291 S e longitude 422015 W UTM com altitude de 821 metros. Ponto localizado próximo ao córrego Bonsucesso, a estrada aqui é caracterizada como principal (Figura 1), tem solo definido como latossolo de acordo com o Mapa 2 e comprovado em campo também. Conforme observado na Tabela 2, nota-se uma significativa diferença na largura das estradas monitoradas, tanto na estrada primária como na estrada secundária.

Tabela 2- Características das estradas do ponto 1.

Estradas	Largura (m)					
	Campo 1 20/12/2019	Campo 2 13/02/2020	Campo 3 13/04/2020	Campo 4 14/06/2020	Campo 5 15/08/2020	Campo 6 14/10/2020
Primária	13,5	12,6	10,8	12	11,5	12,4
Secundária	4,6	4,6	4	4	4,6	4,5

Organização: A autora (2020).

Paralela à estrada principal, existe uma estrada secundária medindo de 4 m a 4,6 m de largura, no campo cinco foi percebido um acúmulo de sedimento à margem direita da mesma. Notou-se que nos dois primeiros campos, a cultura presente era de soja e cana-de-açúcar, já no terceiro e no quarto campo o cultivo era de milho e cana-de-açúcar e no quinto e sexto campo a cana-de-açúcar era nova e a margem direita estava sem cultura, em pousio (prática de descansar o solo das atividades agrícolas como forma de devolver a vitalidade da terra e evitar queda na produtividade). No trecho analisado, observou-se a presença de dissipadores de energia, aparecendo somente do lado das culturas de soja e milho, mas, constatou-se que não foi realizada manutenção periódica, inativando os dissipares existentes.

Conforme constado em campo, no ponto 1 observou-se uma erosão na faixa de rolamento. Essa erosão pode ter sido causada ou intensificada pela falta de manutenção do dissipador de energia já considerado inativo desde o primeiro campo realizado no ponto, e, de acordo com Nunes (2003, p.31-32): “a ausência de um sistema de drenagem eficiente favorece ao acúmulo de água na superfície da estrada e, por conseguinte, a erodibilidade do solo”, Marques *et al.* (2020) explicam que a erosão é o processo de degradação do solo formada pela ação da água, tendendo a evoluir a grandes ravinas.

Figura 1- Estado de conservação das estradas do ponto 1.
Campo do dia 20/12/2019:



Legenda: Em A estrada principal com vegetação no meio da trilha de rolamento, em B sulco com 0,30 m de profundidade na estrada principal, e em C dissipador de energia inativo na soja.

Fonte: A autora (2019).

Conforme Gonçalves *et al.* (2018), condições geográficas que dificultam o acesso à zona rural não permitem uma identificação prévia por meio de imagens de satélites, somente após o conhecimento do local, entre essas condições, estão incluídas as estradas estreitas ou intransitáveis.

A manutenção no dissipador de energia deve ser feita da seguinte forma: a) roçar a vegetação que se instalou no local; b) desobstruir suas saídas após a chuva; c) retirar o sedimento depositado nas caixas de infiltração em períodos de chuva; e d) recompor eventuais erosões que porventura tenham ocorrido ao longo de sua extensão (FATTORI, 2007).

Essa diferença na largura em períodos distintos se deu em função do aparecimento da vegetação (Figuras 2 e 3) que cresceu nas margens da estrada devido ao período de chuva, já a partir do quarto campo, período de estiagem, a eliminação da vegetação na trilha de rolamento foi feita, deixando a via mais larga (Figura 4). Constatou-se também um sulco na parte central da estrada medindo 0,30 m de profundidade, que foi se abrindo com o passar do tempo, estando no terceiro campo com 1 m de largura e 0,25 m de profundidade e no quarto campo esse sulco evoluiu para 1,5 m e 0,19 m de profundidade. Observou-se que em alguns trechos, por falta de manutenção periódica, a vegetação invadiu a faixa de rolamento da via.

Figura 2- Estado de conservação das estradas do ponto 1.
Campo do dia 13/02/2020:



Legenda: Em A estrada principal com presença de vegetação, em B sulco com 0,30 m de profundidade e 0,50 m de largura na estrada principal, e em C dissipador de energia ainda inativo com presença de vegetação.

Fonte: A autora (2020).

A evolução do sulco no ponto 1 foi intensificada a partir de fatores climáticos, principalmente em período chuvoso, em que a taxa de infiltração da água no solo é baixa e ocorre intensidade em transporte de sedimentos, abrindo e afundando o mesmo; já no período de estiagem fatores como o vento são responsáveis pelo aparecimento e evolução de erosões, porém com menor intensidade.

Figura 3- Estado de conservação das estradas do ponto 1.
Campo do dia 13/04/2020:



Legenda: Em A, estrada principal com sulco com 0,30 m de profundidade e com evolução na largura para 1 m, em B melhor visualização do sulco na estrada principal, e em C vegetação no meio da trilha da estrada e no dissipador de energia.

Fonte: A autora (2020).

Figura 4- Estado de conservação das estradas do ponto 1.
Campo do dia 14/06/2020:



Legenda: Em A sulco bem evoluído com vegetações na estrada principal, em B sulco com 0,19 m de profundidade e 1,5 m de largura, e em C estrada secundária com vegetações mais secas.

Fonte: A autora (2020).

Nos campos 5 (15/08/2020) e 6 (14/10/2020) onde antes foi constatado um sulco, agora estava com acúmulo de poeira e de sedimentos (Figura 5 e 6) com 0,25 m no campo 5 e no

campo 6 com 0,18 m de profundidade. Percebeu-se também no campo 5 que resíduos da colheita de milho se situavam na faixa de rolamento da estrada.

Os sedimentos soltos na ravina em questão são classificados por Nunes (2003) como sendo um excesso de material fino no leito da via causado pela falta de umidade do período seco. A solução para cessar esse material solto seria a inserção de um revestimento primário ligante, como citado por United States (2015); materiais argilosos podem proporcionar forte agregação quando adicionados.

Figura 5- Estado de conservação das estradas do ponto 1.
Campo do dia 15/08/2020:



Legenda: Em A antigo sulco agora coberto por sedimentos soltos na estrada principal, em B estrada secundária também com presença de sedimentos, e em C dissipador de energia inativo.

Fonte: A autora (2020).

Figura 6- Estado de conservação das estradas do ponto 1.
Campo do dia 14/10/2020:



Legenda: Em A antigo sulco agora com sedimentos, em B estrada secundária com acúmulo de sedimentos, e em C dissipador de energia inativo.

Fonte: A autora (2020).

Ponto 2: latitude 8044749 S e longitude 417162 W UTM com altitude de 741 metros, entre o córrego da Onça e o ribeirão Paraíso. Nesse ponto, o Mapa 2 apresenta predominância de latossolo, porém, pelas observações em campo percebeu-se a presença de neossolo. Essa diferença na classificação é devido à escala do mapeamento, conforme já mencionado, que generaliza as informações que são melhor detalhadas em campo.

As medidas obtidas em cada campo tiveram uma grande diferença na largura da estrada primária do primeiro campo para o segundo, o que se deu em função da vegetação se expandir nas margens da estrada nos dois primeiros campos, e no terceiro em diante a inserção de nova cultura de cana-de-açúcar estabeleceu um maior limite da via. A largura das estradas pode ser observada na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3- Características das estradas do ponto 2.

Estradas	Largura (m)					
	Campo 1 20/12/2019	Campo 2 13/02/2020	Campo 3 13/04/2020	Campo 4 14/06/2020	Campo 5 15/08/2020	Campo 6 14/10/2020
Primária	6,2	4,8	5,5	6,7	6,8	5,62
Secundária	Inexistente	Inexistente	5,3	5,3	5,6	4,5
Entroncamento	Inexistente	Inexistente	Inexistente	16	14,4	16
Est. Entre cana/cana	Inexistente	Inexistente	Inexistente	6	4,8	5,3
Paralela a principal	Inexistente	Inexistente	Inexistente	6,7	5,5	5,4

Organização: A autora (2020).

Os dissipadores de energia existentes estavam sem manutenção, tornando-se ineficientes. Embora existam os problemas destacados, a estrada encontrava-se preservada pois existe um abaulamento na faixa de rolamento da mesma auxiliando no escoamento da água (Figuras 7 e 8). Quanto ao uso da terra no local no primeiro e no segundo campo, uma das margens da estrada é uma área de recuperação de solo, e do outro lado tem-se a presença de cana-de-açúcar, e a partir do terceiro campo nota-se uma mudança de ambiente (Figura 9), com uma área que se encontrava em pousio, sendo essa a prática de descansar o solo das atividades agrícolas, sendo transformada em áreas de cana-de-açúcar, e a presença de uma nova estrada.

Figura 7- Estado de conservação das estradas do ponto 2.
Campo do dia 20/12/2019:

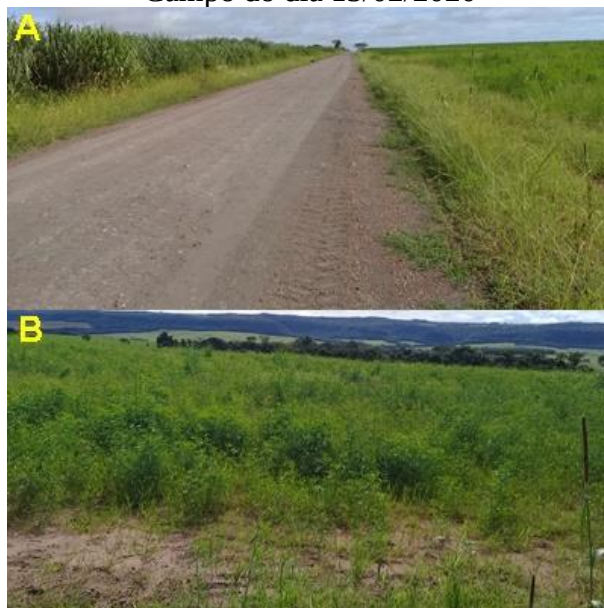


Legenda: Em A e B estrada principal abaulada facilitando o escoamento da água.

Fonte: A autora (2019).

No ponto, a estrada é provida de um abaulamento na faixa de rolamento, o que promove, segundo Santos *et al.* (2019), uma condução das águas para as canaletas laterais, não permitindo que empocem ou escoem ao longo da pista, e que sofra um processo progressivo de deterioração. A inexistência de sistemas de drenagem ou pista sem declividade (abaulamento) são fatores que podem influenciar na rápida deterioração da estrada (CHAVES; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2020).

Figura 8- Estado de conservação das estradas do ponto 2.
Campo do dia 13/02/2020



Legenda: Em A estrada principal em bom estado de conservação, e em B área em recuperação de solo.

Fonte: A autora (2020).

Uma área considerada em processo de pousio foi alterada com a introdução de cana-de-açúcar e a construção de novas estradas. Nesse ponto em todos os monitoramentos foram consideradas estradas preservadas, mesmo tendo somente o abaulamento como sistema de drenagem.

Figura 9- Estado de conservação das estradas do ponto 2.
Campo do dia 13/04/2020

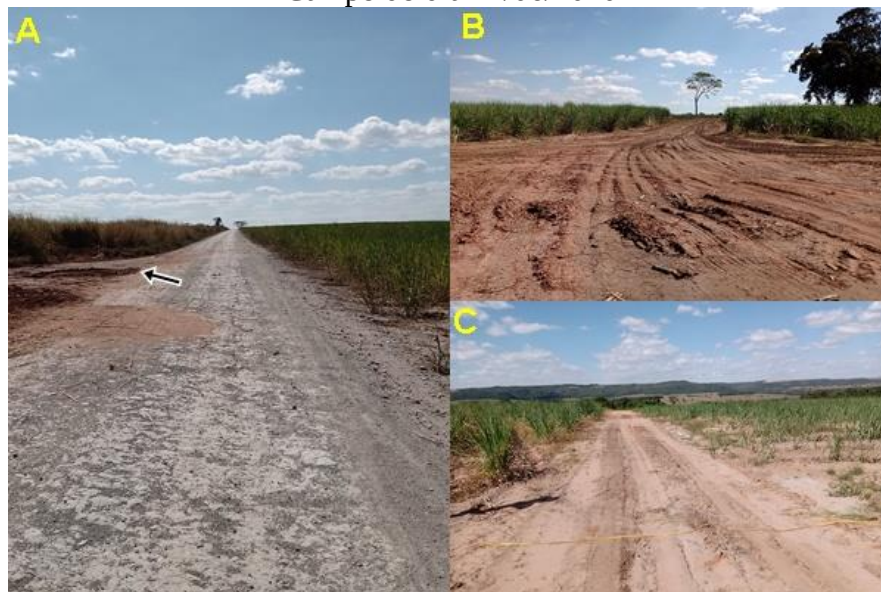


Legenda: Em A estrada principal em bom estado de conservação. A flecha indica nova área de cana-de-açúcar, em B área que nos campos anteriores estava em recuperação de solo, agora foi inserido a cultura de cana-de-açúcar, em C abertura de nova estrada com a flecha indicando a nova área de cana-de-açúcar.

Fonte: A autora (2020).

No quarto campo três novas estradas foram inseridas (Figura 10), sendo elas: um entroncamento, servindo como ponto de junção para novas estradas; uma paralela à principal, que teve que ser construída para não acabar com o abaulamento da principal, que é um sistema de drenagem, construíram então essa paralela no mesmo nível da lavoura para conseguir fazer o manejo nas lavouras com as máquinas; e uma outra estrada aqui chamada de estrada entre cana e cana (Figuras 11 e 12).

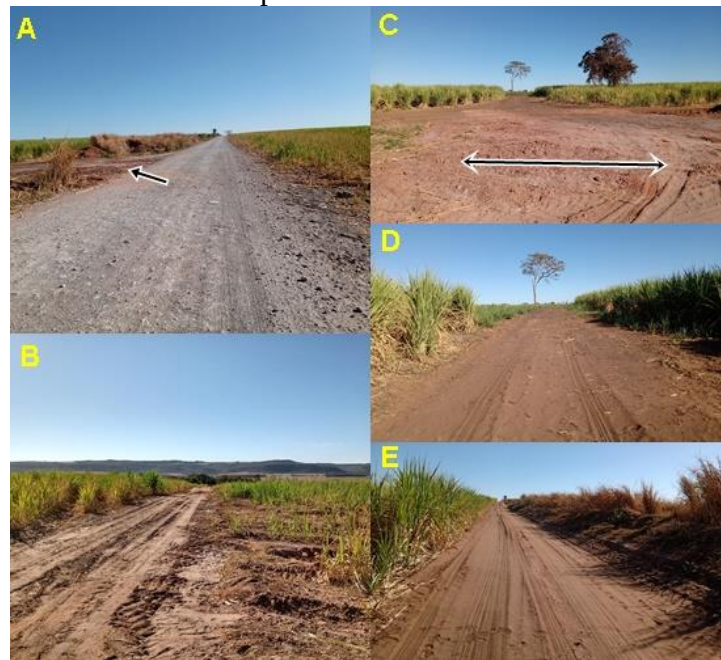
Figura 10- Estado de conservação das estradas do ponto 2.
Campo do dia 14/06/2020



Legenda: Em A estrada principal em bom estado de conservação com abertura de novas estradas indicado pela flecha, e em B novas estradas construídas a partir do quarto campo com presença de sedimentos, em C estrada nova observada a partir do terceiro campo, que antes não existia.

Fonte: A autora (2020).

Figura 11- Estado de conservação das estradas do ponto 2.
Campo do dia 15/08/2020:



Legenda: Em A estrada principal com acesso a novas estradas indicado pela flecha, em B estrada observada a partir do terceiro campo, em C entroncamento, em D estrada entre cana/cana e em E estrada paralela a principal.

Fonte: A autora (2020).

Figura 12- Estado de conservação das estradas do ponto 2.
Campo do dia 14/10/2020:



Legenda: Em A estrada principal, em B estrada observada a partir do terceiro campo, em C entroncamento, em D estrada entre cana/cana e em E estrada paralela a principal.

Fonte: A autora (2020).

Ponto 3: latitude 8048107 S e longitude 412160 W UTM com altitude de 805 metros, ponto à esquerda do ribeirão Paraíso. O solo nesse ponto, de acordo com o Mapa 2, é um latossolo vermelho-amarelo, porém em campo é bem nítido o neossolo. As medidas da estrada

principal apresentadas na Tabela 4 demonstram uma mudança repentina na estrada principal do primeiro campo ao segundo, onde a margem direita da estrada estava sem plantio, não sendo possível identificar o limite correto da mesma.

Tabela 4- Características das estradas do ponto 3.

Estradas	Largura (m)					
	Campo 1 20/12/2019	Campo 2 13/02/2020	Campo 3 13/04/2020	Campo 4 14/06/2020	Campo 5 15/08/2020	Campo 6 14/10/2020
Primária	4,4	8,2	8,8	8,5	11,8	11,17
Secundária	3,2	3,2	3,2	4,5	4,2	3,6
Terciária (antes imperceptível)	Inexistente	Inexistente	Inexistente	3,5	3,5	3,8

Organização: A autora (2020).

Assim, foi estimado um valor (4,4 m de largura) a partir dos resíduos da última colheita. Já no segundo campo a estrada media 8,2 m de largura, mantendo esse padrão de largura nos campos 3 e 4, aumentando ainda mais nos campos 5 e 6. A estrada apresentou várias deformidades, erosões e valas com solo bastante arenoso. Existem dissipadores de energia, contudo, como não houve manutenção periódica, os sedimentos foram transportados para as valas às margens da estrada. O uso da terra é de cultura de cana-de-açúcar nas duas margens da estrada (Figuras 13 e 14).

Figura 13- Estado de conservação das estradas do ponto 3.
Campo do dia 20/12/2019:



Legenda: Em A estrada principal com ravinamento e muito material para ser transportado, em B estrada secundária com trecho alagado e em C processo erosivo de 0,32 m de profundidade.

Fonte: A autora (2019).

Figura 14- Estado de conservação das estradas do ponto 3.
Campo do dia 13/02/2020:



Legenda: Em A vala na estrada principal provocada pela ação da água coberta por sedimentos, em B defeitos na estrada destacado principalmente no período chuvoso, e em C dissipador de energia na estrada principal totalmente ineficiente pelo acúmulo de sedimentos.

Fonte: A autora (2020).

No terceiro campo (Figura 15) a estrada encontrava-se quase irreconhecível se comparada aos campos anteriores. A vegetação tomou conta da via, medindo 8,8 m de largura na estrada principal. Já a estrada secundária que antes era encontrada sempre com trecho alagado estava apenas úmida. No quarto campo (Figura 16) a largura média foi de 8,5 m e a vegetação encontrada anteriormente em toda a trilha estava secando. Notou-se também uma estrada que nos campos anteriores quase não foi percebida, agora pôde ser notada porque houve a retirada da vegetação que dificultava o acesso à mesma.

Figura 15- Estado de conservação das estradas do ponto 3.
Campo do dia 13/04/2020:



Legenda: Em A estrada principal com presença de vegetação na faixa de rolamento, em B estrada secundária com local úmido, antes alagado, e em C, 0,25 m de acúmulo de sedimentos a margem esquerda.

Fonte: A autora (2020).

Figura 16- Estado de conservação das estradas do ponto 3.
Campo do dia 14/06/2020:



Legenda: Em A estrada principal com vegetação seca e deterioração da via, em B abertura de estrada na área de cana-de-açúcar, e em C 0,40 m de acúmulo de sedimentos a margem esquerda da estrada.

Fonte: A autora (2020).

Nos campos 5 e 6 a estrada principal, totalmente livre de vegetação, ganhou uma nova medida, a estrada secundária sem nenhum sinal de que um dia havia tido um trecho alagado, (Figura 17) pelo contrário, apresentou uma parte com acúmulo de sedimentos (Figura 18).

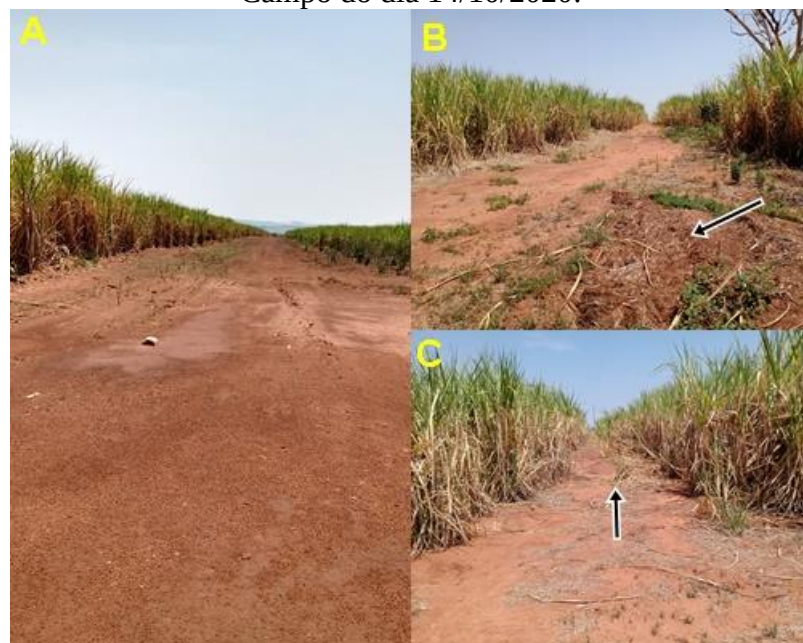
Figura 17- Estado de conservação das estradas do ponto 3.
Campo do dia 15/08/2020:



Legenda: Em A estrada principal com via maior e muito sedimento, em B 0,33 m de acúmulo de sedimentos a margem esquerda da estrada, e em C estrada secundária sem sinal de alagamento anterior.

Fonte: A autora (2020).

Figura 18- Estado de conservação das estradas do ponto 3.
Campo do dia 14/10/2020:



Legenda: Em A estrada principal com via maior, em B estrada secundária com acúmulo de sedimentos, e em C percebe-se uma divisa de talhão/aceiro.

Fonte: A autora (2020).

Muitos problemas aparecem no ponto 3 nos dois primeiros campos, onde ocorre um afundamento de trilhas de roda, que, segundo Zoccal e Silva (2016, p. 35), “Surgem com a passagem persistente de pneus de veículos pesados, principalmente em época de chuva, pela

mesma região da pista” e, segundo Silva (2009, p. 36), “são depressões em forma de bacia produzidas pela continua expulsão das partículas sólidas da superfície da estrada pelo tráfego onde há empoçamento de água”.

As trilhas de rodas estão associadas à plasticidade do solo, principalmente em solos argilosos presentes nos pontos 1 e 6, em que atoleiros se originam pela baixa capacidade de suporte do solo, formando trilhas onde passam os veículos, (SANTANA; COSTA, 2019).

Para solucionar as trilhas de rodas, Fattori (2007) coloca alguns exemplos: em casos mais severos, somente a regularização com a motoniveladora resolveria; em um segundo caso uma regularização da pista com adição de materiais para balanceamento da mistura, espalhar e posteriormente fazer a compactação; e em último caso, a recomposição da área com substituição do solo ou adição de materiais para compactação.

Para corrigir um problema de drenagem inadequada, é necessário fazer a recomposição da drenagem, com construção de sarjetas, por exemplo, tal como para solução de buracos deve ser feito um sistema de drenagem adequado ou um abaulamento da pista (SILVA FILHO, 2001). Nos demais monitoramentos feitos no ponto 3 a estrada foi corrigida com a motoniveladora e estava novamente preservada.

Ponto 4: latitude 8065572 S e longitude 413146 W UTM com altitude de 894 metros, entre o córrego das Pedras e o ribeirão Paraíso. Nesse ponto o solo é caracterizado pelo Mapa 2 como latossolo, próximo a um neossolo, em campo identificou-se um solo arenoso, provavelmente um neossolo; a estrada principal tem 3,9 m de largura (Tabela 5) e cultura de soja nos dois primeiros campos (20/12/2019, 13/02/2020). Existem dissipadores de energia em perfeito funcionamento, sendo eles caixas de infiltração com 1,2 m de profundidade, apesar disso, a estrada apresenta pequenas ravinas (Figuras 19 e 20).

Tabela 5- Características das estradas do ponto 4.

Estradas	Largura (m)					
	Campo 1 20/12/2019	Campo 2 13/02/2020	Campo 3 13/04/2020	Campo 4 14/06/2020	Campo 5 15/08/2020	Campo 6 14/10/2020
Primária	3,9	3,9	3,7	3,7	4	4,2

Organização: A autora (2020).

Figura 19- Estado de conservação das estradas do ponto 4.
Campo do dia 20/12/2019



Legenda: Em A estrada principal com murundum na faixa de rolamento e em B caixa de infiltração ativa.
Fonte: A autora (2019).

Figura 20- Estado de conservação das estradas do ponto 4.
Campo do dia 13/02/2020



Legenda: Em A estrada principal com caixas de infiltração ativas, em B dissipador de energia em funcionamento, e em C pequenas ravinas.
Fonte: A autora (2020).

Nos outros dois campos (13/04/2020, 14/06/2020) a estrada tem 3,7 m de largura e a cultura presente é de milho. As caixas de infiltração medem 1,18 m de profundidade, tendo em

vista que a vegetação diminui a profundidade da estrada, que já não está em bom funcionamento (Figuras 21 e 22).

Figura 21- Estado de conservação das estradas do ponto 4.
Campo do dia 13/04/2020



Legenda: Em A estrada principal em bom estado de conservação, em B dissipador de energia com vegetação deixando-o inativo, e em C pequenas ravinas.

Fonte: A autora (2020).

Figura 22- Estado de conservação das estradas do ponto 4.
Campo do dia 14/06/2020



Legenda: Em A estrada principal com vegetação seca na faixa de rolamento, em B dissipador de energia inativo, com muita vegetação, e em C dissipador de energia com 1,18 m de profundidade inativo.

Fonte: A autora (2020).

No campo 5 a estrada media 4 m e as caixas de infiltração estavam com 1,05 m, no campo 6 a estrada media 4,2 m e a caixa com 0,92 m de profundidade, nos últimos campos (15/08/2020, 14/10/2020) foram feitas as retiradas das vegetações nas caixas, mas não retiraram os sedimentos, devido a isso as caixas reduziram sua profundidade, ainda assim se considera que estão ativas (Figuras 23 e 24).

Figura 23- Estado de conservação das estradas do ponto 4.
Campo do dia 15/08/2020



Legenda: Em A estrada principal sem plantio de culturas, em B dissipador de energia sem vegetação com 1,05 m de profundidade ativo.

Fonte: A autora (2020).

Figura 24- Estado de conservação das estradas do ponto 4.
Campo do dia 14/10/2020



Legenda: Em A estrada principal sem culturas, em B dissipador de energia sem vegetação com 0,92 m de profundidade ativo.

Fonte: A autora (2020).

No ponto 4 a estrada encontrava-se parcialmente preservada. Nos dois primeiros campos os dissipadores de energia exerciam bem o seu papel, contudo, a partir do terceiro campo a vegetação se instalou nos dissipadores, tornando-os insuficientes; já nos dois últimos campos foi retirada a vegetação dos dissipadores, fazendo-os novamente ativos, porém, além da roçagem das vegetações são necessárias manutenções do tipo retirada de sedimentos, pois, como já citado, as manutenções nos dissipadores são necessárias para seu bom funcionamento e uma delas é a retirada de todos os sedimentos que foram depositados nos períodos chuvosos.

Ponto 5: latitude 8070265 S e longitude 406983 W UTM com altitude de 911 metros, à esquerda do ribeirão Paraíso. O ponto 5 é caracterizado pelo mapa de solos como latossolo, porém, com as observações em campo percebeu-se um solo bastante arenoso. Nesse ponto a estrada tem 3,6 m de largura no primeiro campo. Já no segundo campo apresentou 4 m de largura (Tabela 6) e muitos sedimentos soltos. O solo é arenoso e não existem dissipadores de energia, contudo, a estrada encontra-se em boas condições de uso, pois o relevo local é suave, o que pode ser um facilitador de infiltração da água, diminuindo os problemas de erosão na via. Próximo à estrada tem uma área de preservação junto à cultura de soja (Figuras 25 e 26).

Tabela 6- Características das estradas do ponto 5.

Estradas	Largura (m)					
	Campo 1 20/12/2019	Campo 2 13/02/2020	Campo 3 13/04/2020	Campo 4 14/06/2020	Campo 5 15/08/2020	Campo 6 14/10/2020
Primária	3,6	4	3,7	3,5	4,05	3,9

Organização: A autora (2020).

Figura 25- Estado de conservação das estradas do ponto 5.

Campo do dia 20/12/2019:



Legenda: Em A e B a estrada principal com área de preservação junto a cultura de soja.

Fonte: A autora (2019).

Figura 26- Estado de conservação das estradas do ponto 5.

Campo do dia 13/02/2020:



Legenda: Em A e B a estrada principal com área de preservação junto a cultura de soja com presença de solo arenoso.

Fonte: A autora (2020).

No terceiro campo (13/04/2020) a estrada media 3,7 m de largura, havia cultura de milho e de feijão junto à área de preservação e no quarto campo (14/06/2020) estava com 3,5 m de largura com cultura de milho e milheto na área de preservação. Essas modificações nas larguras das estradas possivelmente estão associadas a fatores como: inserção de nova cultura; presença de vegetação nas margens; erosões; manutenções e reformas nas vias (Figuras 27 e 28).

Figura 27- Estado de conservação das estradas do ponto 5.
Campo do dia 13/04/2020:



Legenda: Em A estrada principal com culturas de milho e feijão e em B processos erosivos na faixa de rolamento da estrada.

Fonte: A autora (2020).

Figura 28- Estado de conservação das estradas do ponto 5.
Campo do dia 14/06/2020:

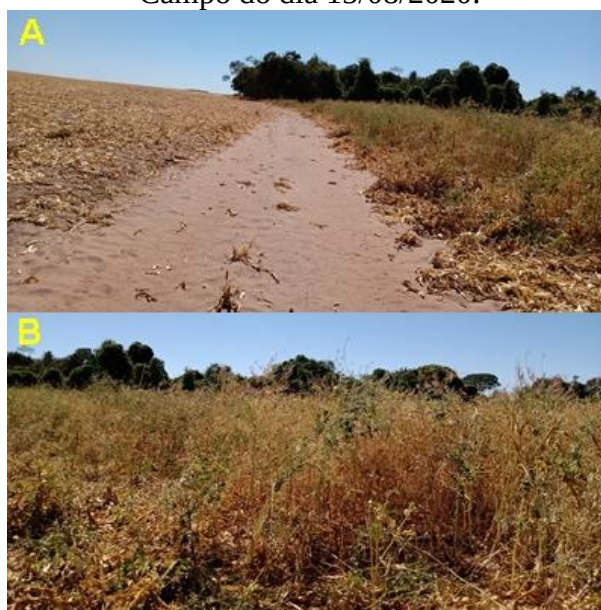


Legenda: Em A estrada principal com presença de alguns seixos e culturas de milheto e milho e em B cultura de milheto com área de preservação vista atrás.

Fonte: A autora (2020).

No quinto campo (15/08/2020) a estrada media 4,05 m de largura, havia resíduos da colheita de milho e uma plantação não identificada, provavelmente de plantas nativas daninhas, e no sexto campo (14/10/2020) estava com 3,9 m de largura e sem plantações, somente com os resíduos da última colheita (Figuras 29 e 30).

Figura 29- Estado de conservação das estradas do ponto 5.
Campo do dia 15/08/2020:



Legenda: Em A estrada principal com resíduos da colheita de milho e plantas desconhecidas e em B plantas desconhecidas provavelmente nativas.

Fonte: A autora (2020).

Figura 30- Estado de conservação das estradas do ponto 5.
Campo do dia 14/10/2020:



Legenda: Em A estrada principal sem plantações e em B abertura de área a ser plantada.

Fonte: A autora (2020).

O ponto 5 apresenta um fator positivo em relação à não deterioração das vias. Esse fator está relacionado ao relevo suave da área observada, permitindo uma melhor infiltração e a percolação da água no local, mantendo a via em todos os campos de monitoramento com boas condições de tráfego, em condições de relevo com declividades acentuadas. Marinheski (2017) relaciona as erosões progressivas às declividades acentuadas, sendo que a declividade acelera o escoamento das águas, eleva a remoção e o transporte de materiais, tornando a estrada vulnerável a processos erosivos.

As estradas de terra modificam toda a característica natural do terreno, pois, de acordo com Encenha (2019), alteram o percurso natural de escoamento e a capacidade de percolação da água no solo, fazendo um canal escoador e promovendo a concentração de águas de áreas do entorno.

Ponto 6: latitude 8081219 S e longitude 410153 W UTM com altitude de 943 metros, à esquerda do ribeirão Paraíso. O solo no local é argiloso de textura média, o Mapa 2 demonstra a presença de latossolo, confirmado em campo. Estrada ativa considerada primária com 5,7 m (Tabela 7), tem caixas de infiltração como dissipador de energia de 1,6 m de profundidade. O uso da terra é de soja nas duas margens da estrada. Paralela à estrada principal ocorreu uma

erosão que destruiu uma estrada pré-existente, fazendo com que a mesma fosse desativada. Constatou-se também uma área abandonada de vegetação seca e solo exposto (Figuras 31 e 32).

Tabela 7- Características das estradas do ponto 6.

Estradas	Largura (m)					
	Campo 1 20/12/2019	Campo 2 13/02/2020	Campo 3 13/04/2020	Campo 4 14/06/2020	Campo 5 15/08/2020	Campo 6 14/10/2020
Primária	5,7	5,7	4,8	4	4,1	4,4

Organização: A autora (2020).

Figura 31- Estado de conservação das estradas do ponto 6.
Campo do dia 20/12/2019:



Legenda: Em A estradas inativa demonstrada pela flecha vermelha e ativa, flecha preta, em B estrada ativa, que se tornou primária com a inativação da que era primária anteriormente e em C caixa de infiltração ativa.

Fonte: A autora (2019).

Figura 32- Estado de conservação das estradas do ponto 6.
Campo do dia 13/02/2020:



Legenda: Em A estrada inativa, em B caixa de infiltração ativa com 1,6 m de profundidade, e em C área abandonada com partes de solo exposto.

Fonte: A autora (2020).

No terceiro campo (13/04/2020) a estrada tinha uma largura média de 4,8 m e as caixas de infiltração 1,16 m. O uso da terra no local era cultura de feijão e milho. Já no quarto campo (14/06/2020), a estrada estava somente com 4 m de largura com milheto de um lado e resíduos da colheita de feijão do outro. Essa alteração na largura da estrada pode estar associada à mudança de culturas inseridas, ocupando um maior espaço da via. As caixas de infiltração também tiveram alteração, medindo no quarto campo 2,28 m de profundidade, pois com o período de estiagem elas estavam totalmente sem água, mas constavam sedimentos depositados, necessitando manutenção de retirada dos mesmos (Figuras 33 e 34).

Figura 33- Estado de conservação das estradas do ponto 6.
Campo do dia 13/04/2020:



Legenda: Em A estrada inativa, em B caixa de infiltração ativa com 1,16 m de profundidade, e em C caixa de infiltração inativa com um corte na lateral para sedimentos serem transportados para a caixa ativa.

Fonte: A autora (2020).

Figura 34- Estado de conservação das estradas do ponto 6.
Campo do dia 14/06/2020:



Legenda: Em A estrada inativa flecha vermelha e ativa bem conservada flecha preta, em B caixa de infiltração 2,28 m sem presença de água (período de estiagem), e em C caixa de infiltração deteriorada sem manutenção.

Fonte: A autora (2020).

No quinto campo (15/08/2020) a estrada tinha 4,1 m e as caixas de infiltração 2,2 m, as culturas eram de milho e do lado da estrada inutilizada havia uma plantação não identificada, nativa. Já no sexto campo (14/10/2020), a estrada media 4,4 m e as caixas 2,1 m, ativas, no entanto, necessitando de manutenções com retirada de sedimentos (Figuras 33 e 34).

Figura 35- Estado de conservação das estradas do ponto 6.
Campo do dia 15/08/2020:



Legenda: Em A estrada ativa conservada, em B caixa de infiltração com 2,2 m sem água, e em C área abandonada com vegetação seca.

Fonte: A autora (2020).

Figura 36- Estado de conservação das estradas do ponto 6.
Campo do dia 14/10/2020:



Legenda: Em A estrada ativa em bom funcionamento, em B caixa de infiltração com 2,1 m, em C caixa de infiltração sem água necessitando de manutenção de retirada de sedimentos em D área abandonada com vegetação seca e partes de solo exposto.

Fonte: A autora (2020).

No ponto 6, notou-se que havia no local uma estrada inativa (abandonada), que apresentou problema em todo o trecho observado. Com isso, uma nova estrada foi construída ao lado, nela se observou a presença de caixas de infiltração e se encontrava preservada. Porém,

no quarto campo em período seco as caixas de infiltração estavam assoreadas de sedimentos e sem a manutenção, que perdurou até o último campo, fazendo com que a caixa medisse cada vez menos, o que denota que estava se cobrindo de mais sedimentos.

O método das caixas de infiltração, segundo Gonçalves *et al*, (2021 p.172), “evita enxurradas, formação de voçorocas, assoreamento dos rios e destruição das estradas”, além de contribuir com o abastecimento do lençol freático e promover melhor vazão dos rios.

Conforme Jaarsma (2000), a maioria das regiões dos países industrializados possui, de um ponto de vista quantitativo, uma rede rodoviária rural suficiente, mas, na prática, volumes crescentes levam a danos nas margens e/ou à construção de estradas secundárias devido à capacidade deficiente da estrada.

Ressalta-se que a manutenção das caixas de infiltração tem que ser feita periodicamente, principalmente após fortes precipitações. Devem ser retirados os materiais depositados, que precisam ser colocados em local apropriado para não retornarem às caixas. Sem essas manutenções ocorre o entupimento, tornando-as inativas.

Frente a isso, Baesso e Gonçalves (2003) apontam que esses problemas tendem a transportar sedimentos das margens da estrada e carregar materiais para os leitos dos rios, agravando condições ambientais e a qualidade dos recursos hídricos, Dietrich *et al*. (2019) citam que, além dos danos ambientais, as estradas danificadas influenciam na durabilidade de pneus, diminuindo o desempenho e a eficiência na operação dos veículos. Devido a isso, deve ser realizado todo um planejamento dessas estradas, além da manutenção constante das medidas de mitigação dos problemas ambientais.

Dessa forma, pode-se classificar os locais monitorados de duas formas: estradas em boas condições de uso e estradas em más condições de uso. As estradas que apresentaram boas condições de uso estão localizadas nos pontos 2, 4 e 5; já as que apresentaram más condições de uso estão localizadas nos pontos 1, 3 e 6. O latossolo identificado em campo tem relação com os pontos de piores condições de uso (1 e 6), porém o ponto 3, que apresentou uma quantidade maior de problemas, é um neossolo constatado em campo. Nos pontos de melhores condições de uso (2, 4 e 5) foi encontrado solo de textura arenosa, com maior presença de manutenção.

Nota-se que estradas que estão em boas condições de uso são aquelas que apresentaram atividades em relação ao funcionamento dos dissipadores de energia, mesmo que parcialmente em alguns locais e períodos monitorados tenham se mostraram eficazes para a conservação das vias. Sendo assim, a implantação/manutenção de medidas preventivas e/ou remediadoras é essencial para o funcionamento adequado das estradas rurais.

3.3 CONCLUSÃO

Considerando as diversas informações e características da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso obtidas em campo, constata-se que as estradas que possuem um bom estado de conservação são as que têm aplicação de medidas preventivas e/ou remediadoras em relação aos problemas existentes, com manutenções adequadas e constantes.

Nos três pontos que apresentaram as piores condições de uso (1, 3 e 6) a topografia parece não ser o fator principal para o estado de conservação, uma vez que os pontos 1 e 3 estão entre classes de altitudes (821 e 805) com relevo suave e mesmo assim apresentam problemas de conservação, portanto, esses problemas observados ocorrem devido às más condições de manutenção e à ausência de sistemas de drenagem, com presença de solos com textura arenosa e latossolos distróficos.

De acordo com os seis pontos monitorados, nota-se que em períodos chuvosos as vias apresentaram maior desgaste, e que nesse período estão com o estado de conservação comprometido, há a presença de ravinas e a ausência ou ineficiência de dissipadores de energia, existe vegetação na faixa de rolamento e material solto disponível para ser transportado para os canais fluviais e áreas adjacentes. Já em períodos de estiagem muitas vezes essas vias voltam a sua funcionalidade quando executadas medidas de manutenção satisfatórias, que geralmente ocorrem em períodos de plantio ou colheita, em que é necessário o bom funcionamento para atender às demandas.

Portanto, medidas de manutenção periódica e adequada nas estradas são essenciais para o bom funcionamento da via, na tentativa de minimizar os problemas oriundos do mal funcionamento, diminuindo assim os prejuízos econômicos, sociais e ambientais, e por ser uma bacia importante para práticas agrícolas, principalmente da produção de cana-de-açúcar, é imprescindível estudos periódicos para a conservação das estradas.

Essa pesquisa expõe o impacto de estradas rurais em uma pequena porção da área, portanto, buscou demonstrar alguns dos problemas que podem ser encontrados nas demais estradas rurais de outras bacias hidrográficas, municípios, estados, países. Essas estradas rurais foram apresentadas e monitoradas, e as estradas que não foram estudadas podem estar passando por um estado de conservação bem pior, com impactos mais intensos e às vezes difíceis de retroceder.

REFERÊNCIAS

ANTT- **Agência Nacional de transportes terrestres**, 2020.

ARAÚJO, R. M. **A verificação da inclinação transversal: estrada vicinal entre Rosalândia e São Luís de Montes Belos GO**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil), Goiânia, GO, 2019.

ASSIS, J. C. S. **Estudo e verificação de patologias em estradas não pavimentadas e suas soluções**. 2018. 59 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) – UFRJ/Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2018.

ASHER, S.; NOVOSAD, P. Rural Roads and Local Economic Development. **American Economic Review**, v. 110, n. 3, p. 797-823, march 2019.

BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. **Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de manutenção**. Florianópolis: DER, 2003.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**, 7 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011. 320 p.

CENCI, V. R.; TREVISAN, P. H.; VIEIRA, E. L. Estudo de caso – análise do transporte escolar rural no município de Francisco Beltrão por meio de aplicação da logística. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, PR, Brasil. 2019.

CHAVES, J. W. R.; ALMEIDA, L. C.; OLIVEIRA, F. H. L. Estudo dos defeitos em estradas não pavimentadas por meio de parâmetros rodoviários. **Revista Estradas**, n. 25, 2020.

CUNHA, M. C. **Avaliação da eficácia das caixas de contenção de sedimento em estradas rurais não pavimentadas na Bacia o Rio Das Pedras, Guarapuava-Pr**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2011.

CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L.; OLIVEIRA, F. A. processos hidrológicos subsuperficiais influenciados por cortes de estradas rurais na bacia hidrográfica do Rio Guabiroba, Guarapuava, Paraná, BRASIL. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, v. 22, p. 53-67, 2021.

DIETRICH, L. S. *et al.* Uso de dados lidar para identificação de locais susceptíveis a erosão em estradas florestais. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos-SP, Brasil, 2019.

DONNGES, Ch.; EDMONDS, G.; JOHANNESSEN, B. Rural Road Maintenance - Sustaining the Benefits of Improved Access. **Socio-Economic Technical Papers (SETP)**, n. 19, Bangkok, International Labour Office, 2007.

ENCENHA, K. C. **Os problemas das estradas rurais e suas possíveis formas de preservação**. 2019. 63 f. Trabalho de conclusão de curso - Engenharia Civil, Presidente Prudente, SP, 2019.

FAIZ, A. *et al.* Sustainable rural roads for livelihoods and livability. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 53, n. 1, p. 1-8, 2012.

FATTORI, B, J. **Manual de Manutenção de Estradas de Revestimento Simples**. 2007. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

GOIÁS. Resolução CEMAM nº 02, de 29 de julho de 2016. Estabelece a lista de atividades de impacto ambiental local no âmbito do Estado de Goiás, dispõe sobre o credenciamento de Municípios para o licenciamento ambiental de atividades de impacto local, regulamenta a instauração de competência estadual supletiva, dispõe sobre a Corte de Conciliação de Descentralização e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Goiás – DOE/GO**. Goiânia, GO. 2016.

GONÇALVES, D. da C. *et al.* Recuperação de área degradada para cultivo de café arábica na região de montanhas do Espírito Santo. **Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável**, v. 2, 2021. DOI: 10.37885/210102715

GONÇALVES, H. *et al.* Estudo de base populacional em área rural: metodologia e desafios. **Revista de Saúde Pública**, [S. l.] , v. 52, n. supl.1, p. 3, 2018 DOI: 10.11606 / S1518-8787.2018052000270.

JAARSMA, C. F. **Sustainable Land Use Planning and Planning of Rural Road Networks**. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. v. 2. Dezembro, 2000.

ODA, S. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não pavimentadas**. 1995. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes (Estradas e Aeroportos)) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1995.

OLIVEIRA, L. R.; BATISTA, R. S.; COSTA, J. L. Manutenção e conservação da estrada vicinal do entre ribeiros. **Humanidades & Tecnologia em Revista (Finom)**, v. 22, Ano XIV, 2020. - ISSN: 1809-1628.

MARINHESKI, V. A erosão em estradas não pavimentadas na bacia do Rio do Atalho em Cruz Machado – PR. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 2, p. 117-127, 1 dez. 2017.

MARQUES, M. L. da S. *et al.* Erosion in gullies and impact on the chemical properties of soil and water. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8154>

MIGLIORIN, V. P.; SILVA, M. M. P.; TAPAHUASCO, W. F. C. Estudo de métodos de dimensionamento do revestimento primário em estradas rurais no município de Alegrete/RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 12, n. 2, 4 dez 2020.

MOREIRA, A. N. H. *et al.* Conservação de estradas não pavimentadas por meio de modelo geolocalizado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 16 n. 30; p. 129, 2019.

NAPOLITANO JÚNIOR, C. **A importância da logística na prestação de serviços para pequenos produtores rurais**. curso de Tecnologia em Agronegócio apresentado ao Instituto Federal Goiano-Campus Iporá, Iporá – GO, 2020.

NORA, G. D.; ZEQUIM, J. S. Impactos ambientais sobre a flora decorrentes da implantação de rodovias. *In: Revista Geografia em Atos (Geoatos online)*, v. 03, n. 10, p. 209-240, 2019.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso de redes neurais artificiais**: Trecho de Aquiraz – CE. 2003. 118 fls. Dissertação de mestrado - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003.

PINHEIRO, A. V. S.; SILVA, M. F. DE S.; SALOMÃO, P. E.A. Patologias em estradas vicinais: a importância da manutenção e conservação de vias rurais para o desenvolvimento regional. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, 2020. DOI: 10.17648/2178-6925-v2-2020-15 ISSN 2178-6925

PITILIN, G. R. **Aplicação de metodologia de avaliação da trafegabilidade das estradas rurais na microrregião de Toledo – PR**. 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Toledo, Toledo, 2020.

REZENDE, E. N; COELHO, H. A. Impactos ambientais decorrentes da construção de estradas e suas consequências na responsabilidade civil. **Revista do Mestrado em Direito**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 155-180, jul-dez, 2015.

ROJAS, J. W. J.; KUREK, J. Estudo ambiental de uma Estrada de Terra. 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE BENTO GONÇALVES – RS, Brasil, 29 a 31 de outubro de 2008.

SALOMÃO, P. E. A. *et al.* Impactos ambientais gerados pela construção e operação de rodovias. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 10, p. 01-24, 2019.

SANTANA, P. H. R.; COSTA, E. da C. Análise superficial das principais patologias encontradas em estrada de terra no município de Bom Jesus da Lapa. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, n. 168, 2019.

SANTOS, Á. R. dos *et al.* **Estradas vicinais de terra**: manual técnico para conservação e recuperação. ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. 3. ed. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2019.

SANTOS, J. D. S.; PEREIRA, L. A. G. Logística de transportes do agronegócio e exportações de soja no centro-oeste brasileiro. **Geoambiente On-line**, [S. l.], n. 34, p. 131–154, 2019. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i34.52867.

SILVA FILHO, I. R. **Estradas Rurais – Técnicas adequadas de manutenção**. Cascavel, PR: Instituto Iguaçu. Programa de educação profissional de qualidade. 2001. 90 p.

SILVA, T. O. da. **Estudo de estradas não pavimentadas da malha viária do município de ViçosaMG**. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Calijuri, 2009.

SIQUEIRA, J. P.; LIMA, J. S. P.; LIMA, E. A. C. de F. Licenciamento Ambiental de Estradas de Terra. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 13, n. 30, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/19843240133120202613>. ISSN 1984-3240

SOUZA, F. F. B. Estudo da implantação de estradas rurais não pavimentadas no município de Jacareí –SP. **Anais do VICIMA Tech**, FATEC-SJC, São José dos Campos -SP 22 a 24 de outubro de 2019.

UNITED STATES. **United States Department of Agriculture**. Environmentally Sensitive Road Maintenance Practices for Dirt and Gravel Roads, 2012. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/eng/pubs/pdf/11771802.pdf>. Acesso em 20 de Out. de 2020.

VENTURA, A. J. A. **Desenvolvimento de um projeto básico de pavimentação para uma estrada vicinal na cidade de Arapiraca**. 2019. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia civil) - Universidade Federal de Alagoas, 2019.

ZOCCAL, J. C.; SILVA, P. A. R. Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais: causas consequências e problemas na manutenção e conservação estrada rural. **CODASP**, São José do Rio Preto, v.2, n.2, p. 118. 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de alcançar os objetivos apresentados no capítulo I com os mapeamentos realizados, observa-se que a bacia sofreu modificações em seu uso e cobertura da terra, evidenciando-se uma diminuição marcante da pastagem e um aumento gradativo da produção de cana-de-açúcar, além de um aumento significativo de estradas rurais associado à implantação da produção de cana-de-açúcar entre 2010 à 2020.

Com a observação dos mapas de estradas rurais, não é possível afirmar o que contribuiu para que essas estradas aumentassem. Quando se relaciona com a produção da cana-de-açúcar, verifica-se que nas áreas com a cultura existem talhões, e entre essas áreas estão as estradas e os carregadores, aumentando, assim, a porcentagem de estradas rurais à medida que as áreas com a produção da cana-de-açúcar se expandem, concluindo, portanto, que a mesma é um fator de influência nas estradas rurais, e com o aumento das estradas, elevam-se também os problemas ambientais gerados por elas, requerendo mais atenção em relação à manutenção e à preservação.

No capítulo II, a morfometria mostra que, com a inclusão das estradas rurais na análise, os resultados são diferentes de quando usados apenas os parâmetros principais nos estudos. Na bacia do ribeirão Paraíso, o aumento da densidade de drenagem está diretamente relacionado ao aumento das estradas e da produção de cana-de-açúcar, principalmente nos anos de 2015 e 2020, alterando, assim, a dinâmica morfométrica da mesma.

Por fim, no capítulo III concluiu-se que as estradas que possuem um bom estado de conservação são as que têm aplicação de medidas preventivas e/ou remediadoras em relação aos problemas existentes, com manutenção adequada e constante, sendo que nos períodos chuvosos as vias apresentam maior desgaste, e as que estão com estado de conservação comprometido apresentam falta de manutenção adequada, ausência de sistemas de drenagem, ausência de vegetação e falta de planejamento na implantação dessas estradas.

Os pontos com problemas encontrados nas vias apresentaram solos com textura arenosa e latossolos distróficos. No mapeamento, os solos aparecem em maior parte como latossolos, porém, em campo se destacam os neossolos, em quatro dos seis pontos monitorados, que são arenosos e foram mais vulneráveis à erosão.

De forma geral, pode ser considerado que a bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso possui pontos com estradas esquecidas, sem medidas de prevenção e sem manutenção, e com aumento de estradas por influência da produção da cana-de-açúcar, a área possui respostas morfométricas que mudam a dinâmica da bacia.

Desta maneira, almeja-se que os resultados dessa pesquisa possam contribuir para a mitigação de problemas e uma melhor gestão das estradas rurais em bacias rurais, a fim de evitar impactos muitas vezes irreversíveis, e não somente para melhor gestão da bacia, mas também para a análise ambiental do bioma Cerrado.

O avanço de estudos que destacam a importância das estradas rurais e sua manutenção e preservação reflete no cuidado com as mesmas, sendo esta uma pesquisa de grande importância para a geografia, que se preocupa com o estudo do espaço geográfico e sua relação com os habitantes.

Com o número reduzido de pesquisas relativas a esse estudo de análise conjunta das estradas rurais com a cana-de-açúcar, o mesmo pode despertar interesse no aumento de explorações relacionadas a essas temáticas, e muitas outras que podem estar refletindo outras questões até então não percebidas. Ou seja, a pesquisa inova a forma de observar as estradas rurais em bacias hidrográficas, trazendo o tema “cana-de-açúcar” que gera novas visões de análise dos impactos nas estradas rurais.

Com a pesquisa é possível aplicações práticas e desenvolvimento de novas pesquisas. É de grande importância que sejam aplicadas as ações apontadas aqui teoricamente e se tenha a base cartográfica das estradas rurais municipais, dando subsídios à manutenções, a reformas e a restaurações de estradas, e ainda reconhecendo a importância da aplicação das estradas rurais nos estudos morfométricos, tendo assim o controle de processos erosivos ocasionados nas e pelas estradas rurais.