



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Unidade Universitária de Dourados
Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

ÍNDICES DE PRIORIDADE PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NO MS

Thayne Danieli Schmidt Zolin

Dourados – MS
Agosto/2018





Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Unidade Universitária de Dourados
Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

ÍNDICES DE PRIORIDADE PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NO MS

Acadêmica: Thayne Danieli Schmidt Zolin
Orientador: Prof. Dr. Laércio Alves de Carvalho
Co Orientador: Prof. Dr. Vinicius de Oliveira Ribeiro
Co Orientador: Prof. Dr. Joelson Gonçalves Pereira

“Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Recursos Naturais, área de concentração em Recursos Naturais, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Recursos Naturais”.

Dourados – MS
Agosto/2018



Z77i Zolin, Thayne DanieliSchmidt

Índices de prioridade para recuperação de áreas em bacias hidrográficas no MS/ Thayne Danieli Schmidt Zolin. – Dourados, MS: UEMS, 2018.

99 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Recursos Naturais – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Alves de Carvalho.

*“Não é sobre chegar no topo do mundo e
saber que venceu*

*É sobre escalar e sentir que o caminho te
fortaleceu*

*É sobre ser abrigo e também ter morada em
outros corações*

*E assim ter amigos contigo em todas as
situações.”*

Ana Vilela

Dedico este trabalho a minha amada família e aos meus fiéis amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela capacidade de lutar e conquistar.

A minha família pelo amor, carinho, compreensão e incentivo, em especial àqueles que me deram a vida e me ensinaram o que não se aprende em escola alguma, Ivete e Vitor, meus preciosos pais.

Ao meu esposo Fernando Rodrigo Zolin pelo apoio, compreensão, ombro amigo em todos os momentos, além de ter sido meu motorista e ajudante muitas vezes.

Aos meus sogros pelo incentivo ao longo desta jornada.

Ao Dr. Laércio Alves de Carvalhopor ter aceitado o desafio de me orientar.

Ao Dr. Vinicius de Oliveira Ribeiro, por ter “surgido” no meio do trajeto e ter disposto seu tempo, paciência e conhecimento.

A todos os colegas de laboratórioLasange pela ajuda prestada.

A todos os grandes amigos que conheci e tive a oportunidade de conviver desde que cheguei a Dourados, os “Xomanos”.

A todos os profissionais do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, em especial ao professor Sidnei e aos auxiliares Rafael e Elizângela.

Aos meus amigos e colegas de pós, com quem partilhei dúvidas e conhecimentos, pela amizade e companheirismo, em especial Shaline e Nelison que muito me auxiliaram.

Aos simpáticos moradores da Bacia do Laranja Doce, que não mediram esforços na contribuição deste trabalho.

A UEMS por me proporcionar condições ao estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para essa grande conquista, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO GERAL	xii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVO GERAL	3
3. ÁREA DE ESTUDO	3
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO LARANJA DOCE	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS	8
2.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	8
2.3. DIVISÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA EM SUB BACIAS	9
2.4. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	10
3.2. DIVISÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA EM SUB BACIAS	13
3.3. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	15
4. CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LARANJA DOCE	23
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS	26
2.2. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA-NDVI ..	27
2.3. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE-TST	27
2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	29

3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1.	NDVI.....	29
3.2.	TST.....	31
3.3.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	1
4.	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35
	CAPÍTULO 4 - CARTA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PERDA DE SOLOS ANUAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO LARANJA DOCE....	40
1.	INTRODUÇÃO	42
2.	MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1.	EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLOS.....	43
2.2.	AQUISIÇÃO DE DADOS.....	44
2.3.	PROCESSAMENTO DE DADOS	44
2.3.1.	Fator R- Erosividade da chuva.....	45
2.3.2.	Fator K- Erodibilidade do solo.....	45
2.3.3.	Fator L S- Fator topográfico.....	45
2.3.4.	Fator C P- Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas	46
2.4.	APLICAÇÃO DOS FATORES OBTIDOS NA FÓRMULA DA USLE.....	47
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1.	FATOR R- EROSIVIDADE DA CHUVA.....	48
3.2.	FATOR K- ERODIBILIDADE DO SOLO	49
3.3.	FATOR L S- FATOR TOPOGRÁFICO.....	50
3.4.	FATOR C P- USO E MANEJO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS....	51
3.5.	FATOR A- ESTIMATIVA DE PERDA ANUAL DE SOLO	52
4.	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55
	CAPÍTULO 5 - CARTA DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO LARANJA DOCE, EM DOURADOS/MS, COM BASE NO FATOR A E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE.....	60
1.	INTRODUÇÃO	62
2.	MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1.	AQUISIÇÃO DE DADOS.....	64
2.2.	EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLOS.....	64
2.3.	TST.....	65

2.4. RECLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS.....	67
2.5. CARTA DO ÍNDICE DE ÁREAS PRIORITÁRIAS.....	68
2.6. VALIDAÇÃO DOS DADOS	69
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1. RECLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS.....	69
3.2. ÍNDICE DE ÁREAS PRIORITÁRIA PARA RECUPERAÇÃO-IAP.....	72
3.3. VALIDAÇÃO DOS DADOS	75
4. CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS	79
CONCLUSÃO GERAL	82
REFERÊNCIAS GERAIS.....	83

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....

Figura 1. Área de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, nos municípios de Dourados e Douradina, MS..... 4

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO LARANJA DOCE.....

Figura 1. Pontos de amostragem de água distribuídos nas margens direita e esquerda e na foz da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce. 10

Figura 2. Composição RGB 4-3-2 para a imagem Sentinel-2 com data de passagem em 29 de maio de 2018 para a bacia hidrográfica do Laranja Doce. 11

Figura 3. Carta do Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce..... 11

Figura 4. Sub bacia de área de influência à margem esquerda do Laranja Doce. 13

Figura 5. Sub bacia de área de influência à margem direita do Laranja Doce. 14

CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LARANJA DOCE.....

Figura 1. Carta do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce..... 30

Figura 2. Carta de Temperatura da Superfície Terrestre para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce. 31

Figura 3. Gráfico de dispersão para correlação dos dados de temperatura com o NDVI para a Bacia Hidrográfica do Laranja Doce. 33

CAPÍTULO 4 - CARTA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PERDA DE SOLOS ANUAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO LARANJA DOCE.....

Figura 1. Carta da erosividade das chuvas para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator R..... 48

Figura 2. Carta da erodibilidade do solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator K. 49

Figura 3. Carta do fator topográfico para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator LS. 50

Figura 4. Carta do fator uso e manejo e práticas conservacionistas para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator LS..... 51

Figura 5. Carta da estimativa de perda anual de solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator A.....	52
---	----

CAPÍTULO 5 - CARTA DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO LARANJA DOCE, EM DOURADOS/MS, COM BASE NO FATOR A (USLE) E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE (TST).....

Figura 1. Carta da estimativa de perda anual de solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.	65
Figura 2. Carta de Temperatura da Superfície Terrestre para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.	67
Figura 3. Carta do índice de prioridade com base na USLE para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.	70
Figura 4. Carta do índice de prioridade com base na TST para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.	71
Figura 5. Carta do índice de áreas prioritárias para recuperação para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.....	73
Figura 6. Zoom para as áreas com nível de prioridade baixa para recuperação em comum para as três cartas: (a) carta do índice de prioridade levando em consideração TST e USLE; (b) carta do índice de prioridade baseada apenas na TST e (c) carta do índice de prioridade baseada apenas na USLE.....	74
Figura 7. Zoom para as áreas com nível de prioridade alta para recuperação pelo índice proposto (a); (b) carta do índice de prioridade baseada apenas na TST, onde na área em destaque, aparecem poucos locais com alta prioridade para recuperação; (c) carta do índice de prioridade baseada apenas na USLE onde na área em destaque, aparece maioritariamente locais com baixa a média prioridade para recuperação.....	74
Figura 8. Carta do IAP com os pontos dos registros fotográficos para a validação dos dados.....	75
Figura 9. Áreas de controle para áreas com alta prioridade para recuperação para três diferentes áreas.....	76
Figura 10. Áreas de controle para áreas com média prioridade para recuperação para três diferentes áreas.....	76
Figura 11. Áreas de controle para áreas com baixa prioridade para recuperação para três diferentes áreas.....	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO LARANJA DOCE.....

Tabela 1. Uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce..... 12

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce..... 15

CAPÍTULO 5 - CARTA DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO LARANJA DOCE, EM DOURADOS/MS, COM BASE NO FATOR A (USLE) E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE

(TST).....

Tabela 1. Carta da estimativa de perda anual de solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce. 68

Tabela 2. Pesos atribuídos à temperatura de superfície..... 68

Tabela 3. Área em Km² e % para cada nível de prioridade para as três cartas geradas.....77

RESUMO GERAL

A gestão ambiental de bacias hidrográficas é fundamental para prevenção e eficiente na recuperação de áreas impactadas. Estudos de monitoramento de bacias hidrográficas e microbacias, o que inclui os recursos hídricos, áreas de preservação permanente, ocupação do solo e demais elementos de planejamento territorial, têm seu tempo necessário para os estudos minimizado com o uso dessas tecnologias, o que viabiliza seu uso e permite o melhor detalhamento da problemática em questão. O objetivo deste estudo foi utilizar geotecnologias livres como ferramenta auxiliar na gestão ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na região sul do estado de Mato Grosso do Sul. Elaborou-se a carta de uso e ocupação do solo para a bacia em questão com auxílio de *softwares* livres. Ainda, foram analisados parâmetros da qualidade da água (temperatura, pH, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio(DBO_{5,20}) para três diferentes áreas de influência, à margem esquerda, à margem direita e à foz da bacia hidrográfica. Os resultados obtidos indicam que a área de influência à margem esquerda possui 98,80% das áreas de uso urbano da bacia hidrográfica (BH) e 100% das áreas indígenas, e como consequência, é a região que possui os piores valores para qualidade da água, especialmente para o parâmetro coliformes termotolerantes, que atingiu o valor de 22000 UFC.100 mL⁻¹. Já a margem direita que possui uso predominante agrícola, também apresentou valores alterados para os parâmetros OD e coliformes termotolerantes, porém não tão evidenciados quando comparados à margem esquerda. Tais resultados permitem concluir que o uso e ocupação do solo influencia diretamente

sobre a qualidade dos recursos hídricos do Córrego Laranja Doce. Na sequência, verificou-se a influência do índice de vegetação na temperatura da superfície terrestre da bacia hidrográfica, utilizando imagens Landsat 8. Os valores do Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI) variaram de -0,202 a 0,527 enquanto a Temperatura de Superfície Terrestre (TST) variou de 24,80 a 42,36 °C. A partir de uma análise de correlação linear, constatou-se que a temperatura da superfície terrestre possui forte correlação linear negativa com o índice de vegetação, confirmando que a vegetação possui um importante papel na regulação do clima. Posteriormente, efetuou-se a análise qualitativa da susceptibilidade erosiva do solo para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo – USLE. Os valores para a estimativa da perda anual de solo para o local em estudo, variaram entre 0 e 392 toneladas por hectare ao ano, sendo que 66,33% da bacia hidrográfica do Laranja Doce possui baixa a média propensão à erosão laminar enquanto as áreas com forte a muito forte propensão representam apenas 2,52% da bacia. Foi observado também que as áreas com maior probabilidade à erosão são as que possuem maior grau de antropismo, enquanto as áreas com menor probabilidade estão associadas aos corpos hídricos e áreas úmidas. Por fim, propôs-se um novo modelo para a indicação de áreas prioritárias para a recuperação para a BH, com o auxílio de ferramentas de Geotecnologias, baseando-se na USLE e na TST. As cartas de estimativa de perda anual de solo e de temperatura de superfície foram reclassificadas e posteriormente, aplicou-se uma álgebra de mapas, onde obteve-se a carta de áreas prioritárias para recuperação. O modelo proposto, mostrou-se eficiente e apontou que 9,95% da área total da bacia possui alta prioridade para recuperação ambiental. A quantidade de elementos utilizados para a indicação desses índices, aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos, o que leva a indicação do uso do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação (IAP) como ferramenta auxiliar na escolha de áreas a serem recuperadas.

PALAVRAS-CHAVE:Qualidade ambiental, NDVI, TST, USLE, IAP.

ABSTRACT

The environmental management of watersheds is key to prevention and effective in the recovery of impacted areas. Monitoring studies of basins and sub-basins, including water resources, permanent preservation areas, land and other elements of territorial planning, have your time required for studies minimized with the use these technologies, which enables your use and allows the finest detailing the problem in question. The aim of this study was to use free geotechnologies as tool auxiliary in the environmental management of the watershed of the LaranjaDoce Stream, located in the southern region of the State of Mato Grosso do Sul. The letter was of use and occupation of the soil to the watershed in question with the aid of free software. Still, we analyzed water quality parameters (temperature, pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen (OD), termotolerantes coliforms and biochemical oxygen demand ($DBO_{5,20}$) for three different areas of influence, on the left bank, on the right bank and the outfall of the watershed. The results obtained indicate that the area on the left bank has 98,80% of urban use areas of the watershed (BH) and 100% of indigenous areas, and as a consequence, is the region that has the worst values for the water quality, especially for the coliforms parameter termotolerantes, which hit the value of 22000 UFC.100 mL⁻¹. Already the right margin which has predominant agricultural use, also changed values for the parameters coliforms termotolerantes and OD, but not as evidenced when compared to the left margin. These results allow to conclude that the use and occupation of the soil influences directly on the quality of the water resources of the LaranjaDoce Stream. As a result, it was found that the influence of the vegetation index in land surface

temperature of the watershed, using Landsat 8. The values of the Normalized difference vegetation index (NDVI) ranged from -0,202 to 0,527 while the temperature of the Earth's surface (TST) ranged from 24,80 to 42,36 °C. From a linear correlation analysis, it was found that the temperature of the Earth's surface has strong negative linear correlation with the index of vegetation, demonstrating that the vegetation has an important role in climate regulation. Later, conducted a qualitative analysis of erosive susceptibility of soil to the water catchment area of LaranjaDoce Stream, through the application of the Universal Soil Loss Equation-USLE. The values for the estimation of the annual loss of soil to the site under study, ranged between 0 and 392 tonnes per hectare per year, with 66,33 percent of the catchment area of the LaranjaDoce has low average propensity to laminar erosion while areas with strong to very strong propensity represent only 2,52% of the watershed. It was also noticed that the areas most likely to erosion are those with higher degree of antropismo, while areas with smaller probability are associated with water bodies and wetlands. Finally, proposed a new model for indication of priority areas for the recovery to the BH, with the aid of Geotechnologies tools based on USLE and TST. The estimated annual loss of soil and surface temperature were reclassified and later applied a map algebra, where the letter was obtained from priority areas for recovery. The proposed model was efficient and pointed out that 9,95% of the total area of the basin has high priority for environmental recovery. The number of elements used for the indication of these indices, increases the reliability of the results obtained, the indication of the use of the priority areas for recovery (IAP) as a tool to assist in the choice of areas to be retrieved.

KEY-WORDS: Environmental quality, NDVI, TST, USLE, IAP.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

A bacia hidrográfica pode ser definida pela presença de um conjunto de drenagem que converge toda a água precipitada até o seu ponto mais baixo, conhecido como exutório (AZEVEDO & BARBOSA, 2011). Por convenção, o rio principal de uma bacia é a maior linha de fluxo de água que liga uma nascente ao exutório. Os drenos secundários que conduzem a água diretamente ao rio principal são denominados seus afluentes e, da mesma forma, os rios que confluem para os afluentes são subafluentes do rio principal (CRUZ & TAVARES, 2009). Essa interação é denominada rede de drenagem. No momento em que a água passa pelo exutório da bacia, ela pode passar a fazer parte de outra bacia hidrográfica mais abrangente. Sendo assim, a formação de limites entre bacias hidrográficas ocorre por divisores de águas, que são considerados os pontos mais altos, onde existe uma separação da água da precipitação pluvial em diferentes bacias hidrográficas (BERNARDI et al., 2012).

A rede hidrográfica responsável pela drenagem de uma bacia possui configurações ou arranjos espaciais que refletem a estrutura geológica e composição da morfogenética da área da bacia. Neste sentido, cada bacia ou microbacia hidrográfica desempenha um papel importante nos moldes da ocupação territorial, já que essas configurações definem diferentes padrões de drenagem que podem caracterizar-se numa unidade territorial facilitadora das atividades desenvolvidas pelas sociedades locais ou, ao contrário, combinar ações que comprometem certos tipos de ocupação (ROCHA & VIANNA, 2017).

O planejamento ambiental integrado de bacias hidrográficas deve estar associado a avaliação da integridade ambiental e ao planejamento territorial, contribuindo para o ordenamento territorial (CARVALHO, 2014) que, segundo Rodriguez & Silva (2013) é mais do que o planejamento econômico regional, mais que o planejamento do desenvolvimento urbano e do planejamento ambiental, é a única política pública com enfoque integral.

O uso de geotecnologias vem ganhando cada vez mais espaço como recurso para levantamento, tratamento e análise de dados espaciais aplicado, sobretudo, na área ambiental. Estudos de monitoramento de bacias hidrográficas e microbacias, o que inclui os recursos hídricos, áreas de preservação permanente, ocupação do solo e demais elementos de planejamento territorial, têm seu tempo necessário para os estudos minimizado com o uso dessas tecnologias, o que viabiliza seu uso e permite o melhor detalhamento da problemática em questão (LEAL et al., 2013; CRIADO & PIROLI, 2012; PAULA et al., 2012).

A presente tese é composta por este e mais quatro capítulos que foram elaborados em formato de artigo, que serão submetidos a revistas científicas.

O segundo capítulo traz a avaliação da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água do Córrego Laranja Doce, onde com o auxílio de dois *softwares* livres e gratuitos, QGIS (QGIS Development Team, 2015) e gvSIG versão OADE (2010), elaborou-se a carta de uso e ocupação do solo para a bacia em questão. Ainda, foram analisados parâmetros da qualidade da água (temperatura, pH, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes e $DBO_{5,20}$) para três diferentes áreas de influência, à margem esquerda, à margem direita e à foz da bacia hidrográfica. Os resultados obtidos indicam que a área de influência à margem esquerda possui 98,80% das áreas de uso urbano da BH e 100% das áreas indígenas, como consequência, é a região que possui os piores valores para qualidade da água, especialmente para o parâmetro coliformes termotolerantes, que atingiu o valor de 22000 UFC.100 mL⁻¹. Já a margem direita que possui uso predominante agrícola, também apresentou valores alterados para os parâmetros OD e coliformes termotolerantes, porém não tão evidenciados quando comparados à margem esquerda. Tais resultados permitem concluir que o uso e ocupação do solo influencia diretamente sobre a qualidade dos recursos hídricos do Córrego Laranja Doce.

No terceiro capítulo foi testada a influência da vegetação na temperatura da superfície terrestre da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, utilizando imagens Landsat 8. Os valores do Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI) variaram de -0,202 a 0,527 enquanto a Temperatura de Superfície Terrestre (TST) variou de 24,80 a 42,36 °C. A partir de uma análise de correlação linear, constatou-se que a temperatura da

superfície terrestre possui forte correlação linear negativa com o índice de vegetação, demonstrando que a vegetação possui um importante papel na regulação do clima.

Já o capítulo quatro mapeou e analisou qualitativamente a susceptibilidade erosiva do solo para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo – USLE. Os valores para a estimativa da perda anual de solo para o local em estudo, variaram entre 0 e 392 toneladas por hectare ao ano, sendo que 66,33% da bacia hidrográfica do Laranja Doce possui baixa a média propensão à erosão laminar enquanto as áreas com forte a muito forte propensão representam apenas 2,52% da bacia. Foi observado também que as áreas com maior probabilidade à erosão são as que possuem maior grau de antropismo, enquanto as áreas com menor probabilidade estão associadas aos corpos hídricos e áreas úmidas.

O capítulo cinco traz a proposta da indicação e estabelecimento de áreas prioritárias para a recuperação para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, com o auxílio de ferramentas de Geotecnologia, baseando-se na USLE e na TST. As cartas de estimativa de perda anual de solo e de temperatura de superfície foram reclassificadas e posteriormente, aplicou-se álgebra de mapas e obteve-se a carta de áreas prioritárias para recuperação. O modelo proposto, mostrou-se eficiente e apontou que 9,95% da área total da bacia possui alta prioridade para recuperação ambiental. A quantidade de elementos utilizados para a indicação desses índices, aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos, o que leva a indicação do uso do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação (IAP) como ferramenta auxiliar na escolha de áreas a serem recuperadas.

2. OBJETIVO GERAL

Utilizar geotecnologias livres como ferramenta auxiliar na Gestão Ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na região sul do estado de Mato Grosso do Sul.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para o desenvolvimento da pesquisa refere-se à Bacia Hidrográfica (BH) do Córrego Laranja Doce, situada nos municípios de Dourados e Douradina, Mato Grosso do Sul. A BH possui suas nascentes principais situadas na divisa da Reserva Indígena de Dourados, escoando de forma perene até o Rio Brilhante, sub-bacia do Rio Ivinhema tributário do Rio Paraná, tendo sua área de localização conforme ilustrado na Figura 1.

O limite da BH foi produzido por Correa et al. (2017) de forma automatizada por meio do uso do pacote de algoritmos de modelamento hidrológico no pacote de algoritmos do GRASS, instalado no QGIS2.8.2 (QGIS Development Team, 2015). As rotinas executadas para modelagem hidrológica consistiram na elaboração dos segmentos de fluxo, direções de drenagem e a respectiva área de influência da referente bacia, permitindo assim o cálculo de área e perímetro.

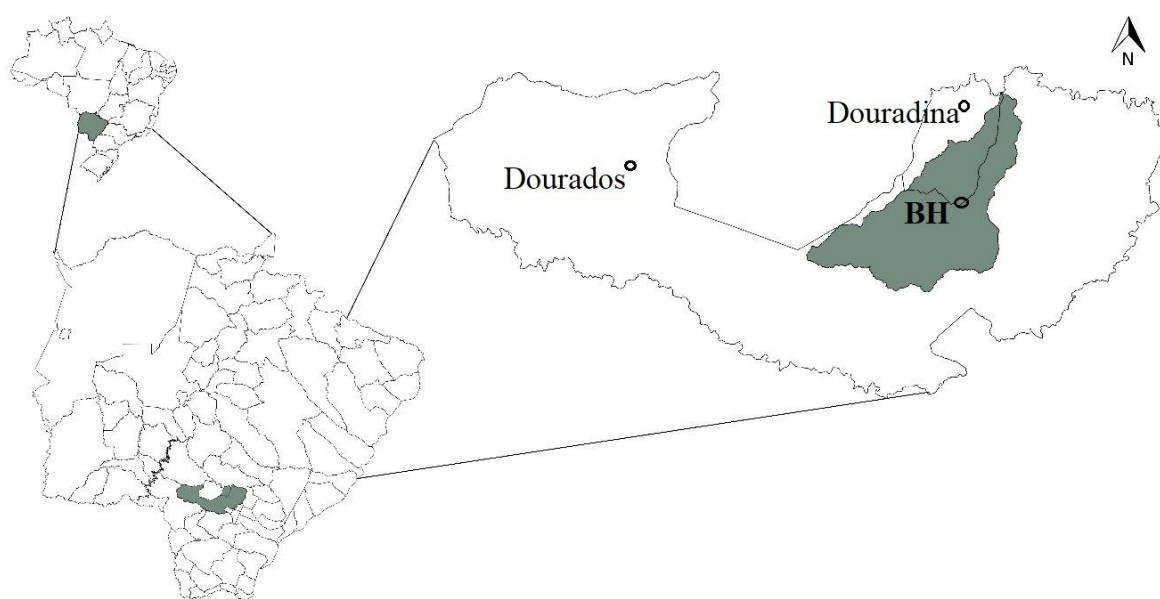


Figura 1. Área de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, nos municípios de Dourados e Douradina, MS.

A região tem como característica verão quente e chuvoso, com invernos de temperaturas moderadas e seco, com classificação climática de Köppen característico Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) (FIETZ et al., 2017). O Latossolo Vermelho é a classe de solo que abrange a área (IBGE, 2016), possuindo como característica geomorfológica principal, a configuração plana (SEMADE, 2018).

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO LARANJA DOCE

RESUMO

O uso indevido e ocupação inadequada do solo traz graves consequências ambientais. Entre os principais problemas ocasionados pelo uso e ocupação do solo por atividades antrópicas, está a deterioração dos corpos hídricos, especialmente os de pequeno porte. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência do uso e ocupação dos solos sobre os recursos hídricos do Córrego Laranja Doce, municípios de Dourados e Douradina, MS. A bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce possui 83% do total de sua área antropizada, sendo que a maior parte dos usos do solo estão relacionadas a uso agrícola, enquanto florestas, áreas seminaturais, zonas úmidas e corpos aquosos somam um total de 17% do uso e ocupação da bacia. A partir da divisão da bacia hidrográfica em sub bacias de área de influência, foi possível verificar que a sub bacia da área de contribuição à margem esquerda da bacia hidrográfica possui 98,80% das áreas de uso urbano da bacia hidrográfica e 100% das áreas indígenas, é a região que possui os piores valores para qualidade da água, especialmente para o parâmetro coliformes termotolerantes, que atingiu o valor de 22000 UFC.100 mL⁻¹. Já a sub bacia da área de contribuição à margem direita da bacia hidrográfica que possui uso predominante agrícola, também apresentou valores alterados para os parâmetros OD e coliformes termotolerantes, porém não tão elevados quando comparados à margem esquerda. Os resultados obtidos permitiram concluir que o uso e ocupação do solo influencia diretamente sobre a qualidade dos recursos hídricos do Córrego Laranja Doce.

PALAVRAS-CHAVE: coliformes termotolerantes; uso antrópico; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The misuse and improper soil occupation brings serious environmental consequences. Among the main problems caused by the use and occupation of the soil by anthropogenic activities, is the deterioration of the water bodies, especially those of small size. In this context, the present study aims to assess the influence of the use and occupation of land on water resources of the LaranjaDoce Stream, in municipalities of Dourados and Douradina, MS. The watershed of LaranjaDoce Stream has 83% of the total of your antropizada area, being that most uses of soil are related to agricultural use, while forests, semi-natural areas, wetlands and aqueous bodies a total of 17% of the use and occupation of the watershed. From the division of the watershed in sub basins of the area of influence, it was possible to verify that the sub basin of the contribution area on the left bank of the watershed that has 98,80% of urban use areas of the watershed and 100% of the indigenous areas, is the region that has the worst values for quality of water, especially for termotolerantes coliforms parameter, the value of the 22000 UFC.100 mL⁻¹. Already the sub basin of the contribution area on the right bank of the river basin which has predominant agricultural use, also changed values for the parameters and coliforms termotolerantes OD, but not as high when compared to the left margin. The results obtained allowed to conclude that the use and occupation of the soil influences directly on the quality of the water resources of the LaranjaDoce Stream.

KEY-WORDS: coliforms termotolerantes; anthropic use; watershed.

1. INTRODUÇÃO

O uso de geotecnologias vem ganhando cada vez mais espaço como recurso para levantamento, tratamento e análise de dados espaciais aplicado, sobretudo, na área ambiental. Isso ocorre pelo fato do uso dessas ferramentas permitirem a identificação de áreas degradadas e aquisição dos dados que são de grande importância para o mapeamento de uso e ocupação do solo numa determinada região (DIAS et al., 2014).

Uma das principais etapas para a realização de ações de planejamento ambiental consiste no levantamento do uso e ocupação do solo comumente realizada por ferramentas geotecnológicas, devido à redução de custos e ao ganho de tempo (CRIADO & PIROLI, 2012; PAULA et al., 2012).

A análise do uso do solo busca conhecer a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, permitindo uma caracterização das interações antrópicas com o meio ambiente, se constituindo como uma representação espacial dessas interações. Tal análise pode ser usada como suporte às decisões de planejamento e ordenamento territorial e ao desenvolvimento sustentável, uma vez que o espaço está em constantes transformações devido às necessidades e atividades humanas (SANTOS & PETRONZIO, 2011).

Os padrões de uso do solo têm importante influência sobre a qualidade da água de ecossistemas aquáticos dentro de uma bacia hidrográfica (MENEZES et al., 2016; DUPAS et al., 2015; BU et al., 2014). Vários problemas relacionados com a qualidade da água podem ser oriundos do mau uso do solo, como urbanização, atividades industriais e agrícolas que acabam por afetar as características das bacias de drenagem, modificando as características físicas e químicas dos corpos d'água e a composição da biota aquática (DUPAS et al., 2015; KANG et al., 2010; HEPP & SANTOS, 2009).

Intensas atividades urbanas e agrícolas aumentam a entrada de sedimentos, resíduos orgânicos, nutrientes e outros poluentes nos rios (MILESI et al., 2008), especialmente quando há remoção da vegetação ciliar, uma prática muito comum em áreas agrícolas, que serve como uma proteção natural contra a erosão e outros malefícios (HEPP et al., 2010; NESSIMIAN et al., 2008).

Portanto, compreender a relação entre o uso da terra e a qualidade da água é útil para identificar eventuais ou potenciais ameaças à qualidade da água e esse entendimento se faz necessário para o gerenciamento efetivo da qualidade da água, pois podem ser usados para atingir áreas críticas de uso do solo e para instituir medidas relevantes para minimizar cargas poluentes e possíveis medidas de recuperação (DING et al., 2015).

Ante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso e ocupação dos solos sobre os recursos hídricos do Córrego Laranja Doce, municípios de Dourados e Douradina, MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

Neste estudo, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2/MSI (USGS, 2018) bandas 2, 3, 4 e 8, com data de passagem em 29 de maio de 2018.

Os dados vetoriais em formato *shapefile* (ESRI, 1997), representativos dos limites político administrativos do Estado de Mato Grosso do Sul e dos municípios de Dourados e Douradina foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) na escala 1: 250000 e tendo como referência geodésica o SIRGAS 2000.

2.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Utilizando as imagens Sentinel-2/MSI na composição R-G-B (red-green-blue) para as bandas 4, 3 e 2 respectivamente, efetuou-se a classificação supervisionada de imagens com o auxílio da ferramenta SupervisedClassification da extensão Sextante do *software* livre e gratuito gvSIG versão OADE (2010). Foram divididas em cinco classes distintas de uso e ocupação para a BH: área urbana; área indígena; florestas e áreas semi naturais; zonas úmidas e corpos aquosos e áreas agrícolas, as quais tiveram o padrão de cores e

legenda adaptados ao padrão CORINE Land Cover (2000). A escolha das classes foi feita por meio da interpretação visual de imagens a partir de pontos de controle pré-estabelecidos em visitas à campo, sendo visitadas cinco áreas para cada classe.

Após a identificação das classes, o arquivo do tipo *raster* foi convertido para vetor através da poligonização para que pudesse ser feito o cálculo de área para cada classe definida, permitindo assim, o cálculo de percentagem das classes de uso e ocupação.

2.3.DIVISÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA EM SUB BACIAS

A fim de atestar a influência dos usos do solo da bacia hidrográfica na qualidade da água, efetuou-se a delimitação de sub bacias hidrográficas no interior da bacia do Laranja Doce, adotando-se como ponto de exutório o último trecho antes do encontro entre as margens direita e esquerda, tendo como coordenadas: Zona UTM 21S 753863 m E, 7559221 m S e 750689 m E, 7558983 m S respectivamente.

O processo se deu de forma automatizada através do uso do pacote de algoritmos GRASS, instalado no QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016). As rotinas executadas para modelagem hidrológica consistiram na elaboração dos segmentos de fluxo e direções de drenagem por meio do algoritmo *r.watershed*. A respectiva área de influência da bacia, por meio de ponto exutório foi obtida utilizando-se do algoritmo *wateroutlet*, que usa como *inputs* o modelo de direção de drenagem (*aspect*) e coordenadas geográficas do ponto de exutório.

2.4. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para análise da qualidade da água foram escolhidos 3 pontos de amostragem (Figura 1), que consistem nos pontos de exutório das áreas de influência da margem esquerda e direita (ME e MD) e próximo a foz (FOZ), onde foram avaliados temperatura, pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), turbidez (NTU) oxigênio dissolvido (OD em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), coliformes termotolerantes (UFC.100 mL^{-1}) e $\text{DBO}_{5,20}$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). As coletas foram realizadas no mês de julho de 2018, após um período de 09 dias sem qualquer volume de precipitação.

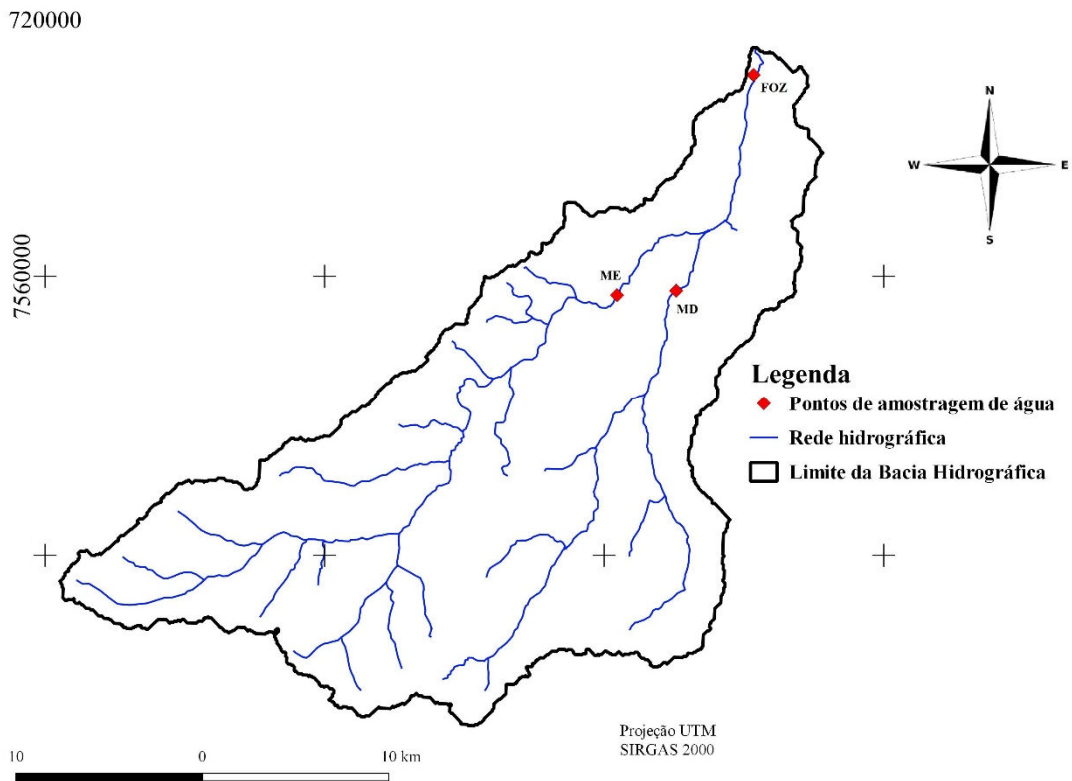


Figura 1. Pontos de amostragem de água distribuídos nas margens direita e esquerda e na foz da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce, com limite da bacia hidrográfica elaborado por Correa et al. (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1.USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Após a composição colorida em falsa-cor, obteve-se a composição RGB para a bacia hidrográfica do Laranja Doce (Figura 2). Os tons em vermelho e verde escuro representam locais com presença de vegetação, enquanto a cor ciano aparece nos perímetros urbanos e em áreas úmidas mais drenadas. As áreas acinzentadas correspondem as áreas úmidas.

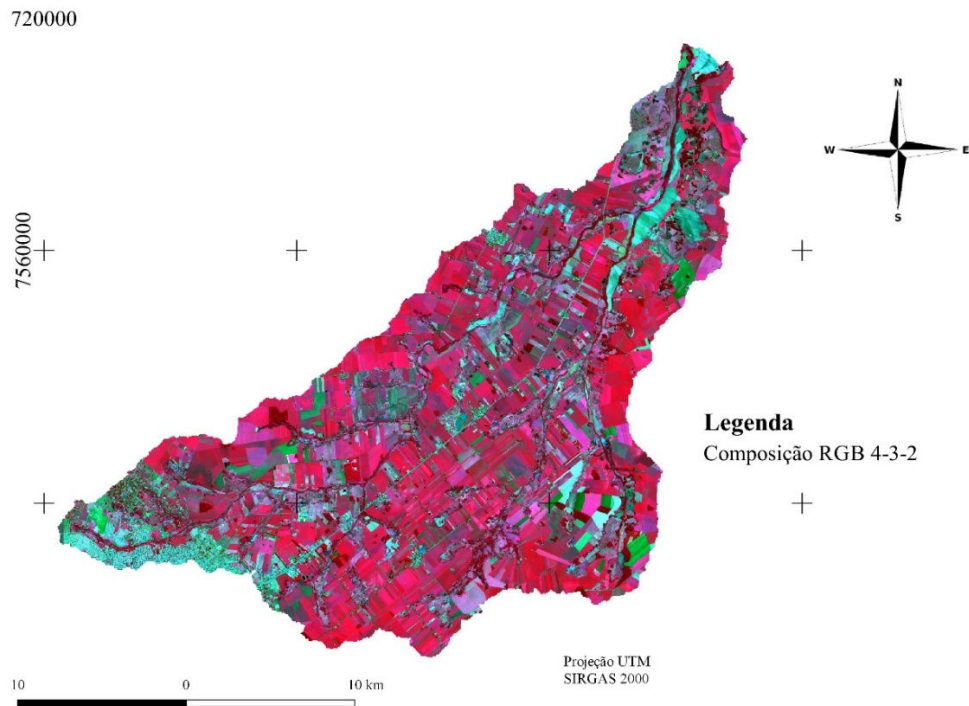


Figura 2. Composição RGB 4-3-2 para a imagem Sentinel-2 com data de passagem em 29 de maio de 2018 para a bacia hidrográfica do Laranja Doce.

A BH do Córrego Laranja Doce (Figura 3) possui área total de 631,35 Km².

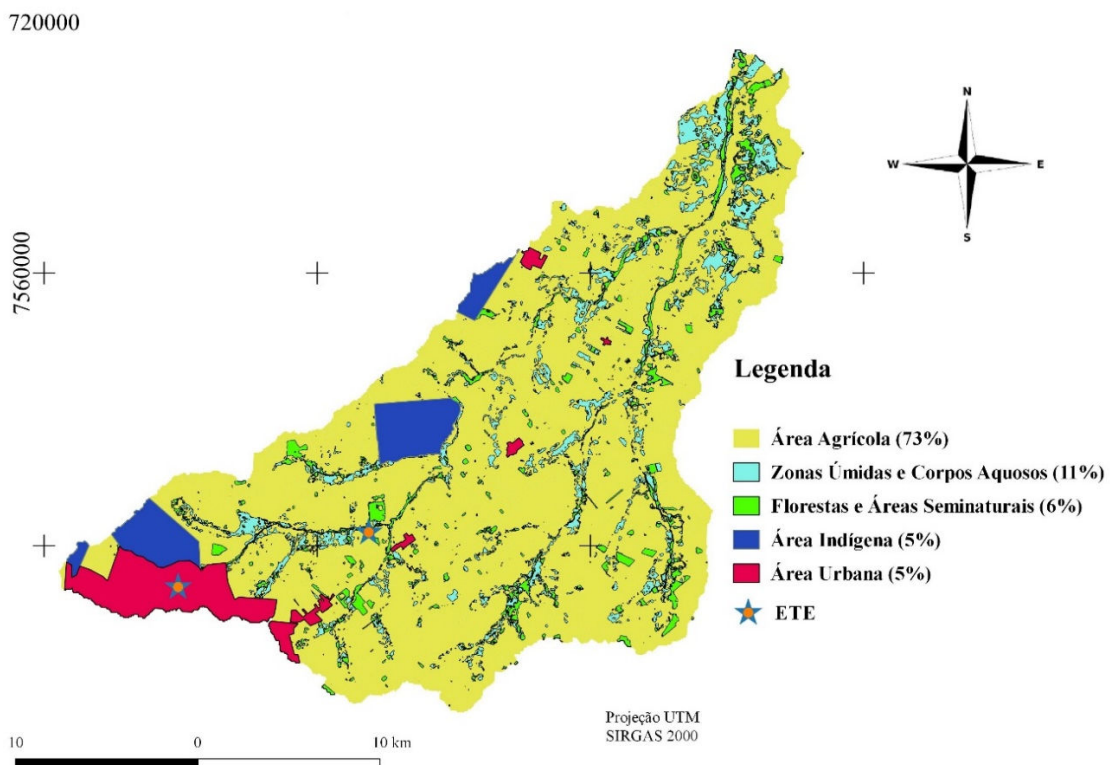


Figura 3. Carta do Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

Como pode ser observado na Figura 3, a Bacia do Laranja Doce é bem antropizada, possuindo algumas áreas de ocupação indígena, presença de área urbana consolidada, apresentando na maior parte do território o uso agrícola e apenas resquícios de fragmento florestal. A análise da figura indica que há elevados níveis de degradação em toda a bacia.

Essa afirmação ganha maior relevância ao fazer-se a análise da porcentagem de cada elemento de Uso do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce.

USO DO SOLO	ÁREA (Km²)	ÁREA (%)
Área urbana	30,88	5
Área indígena	28,68	5
Florestas e áreas seminaturais	39,67	6
Zonas úmidas e corpos aquosos	70,59	11
Áreas agrícolas	461,53	73

O uso do solo para área urbana no município de Dourados, está localizado adequadamente conforme o estabelecido pela Lei Complementar 205, que dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo e o sistema viário no município de Dourados (DOURADOS, 2012).

Mais da metade (73%) da BH do Laranja Doce é de uso para atividades agrícolas, tomando grande porção que deveria ser de preservação, pois a BH possui vários córregos pequenos que se somam ao curso principal, os quais deveriam ser acompanhados de áreas de mata ciliar. No entanto, os fragmentos florestais representam apenas 6% do total da BH, o que reforça a condição de degradação do Laranja Doce.

A invasão de áreas úmidas e de mata ciliar pelas diversas atividades humanas como ocorre na bacia de estudo e em áreas similares (GARCIA & BALLESTER, 2016; COUTINHO 2015) causa desequilíbrio no ecossistema local, pois além de influenciar no microclima influencia nos recursos naturais, aumentando a possibilidade de erosão nas áreas invadidas e do assoreamento dos cursos d'água.

Nas áreas de uso indígena, não foi feito nenhum tipo de levantamento, visto que a Constituição Federal garante aos povos indígenas o direito ao usufruto exclusivo das terras que ocupam tradicionalmente e define que essas terras são bens da União (BRASIL, 2018).

3.2.DIVISÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA EM SUB BACIAS

A partir da definição dos pontos de exutório, foi possível dividir a bacia hidrográfica do Laranja Doce em duas diferentes sub bacias de área de influência (Figuras 4 e 5).

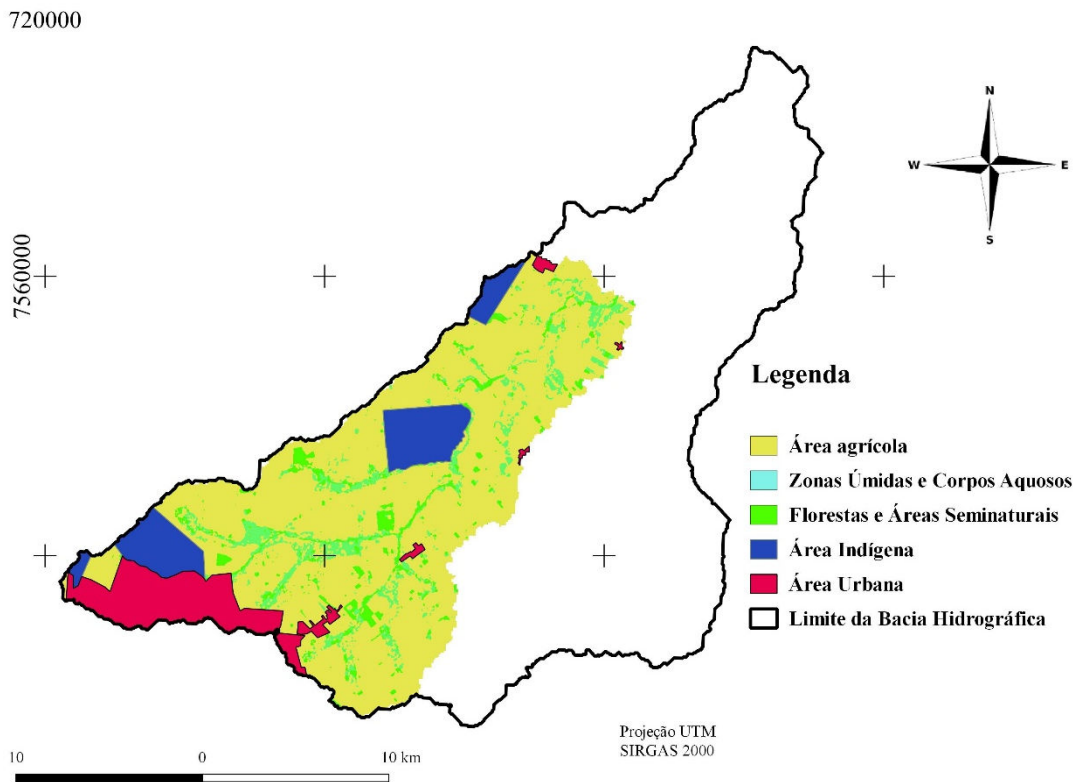


Figura 4. Sub bacia de área de influência à margem esquerda do Laranja Doce.

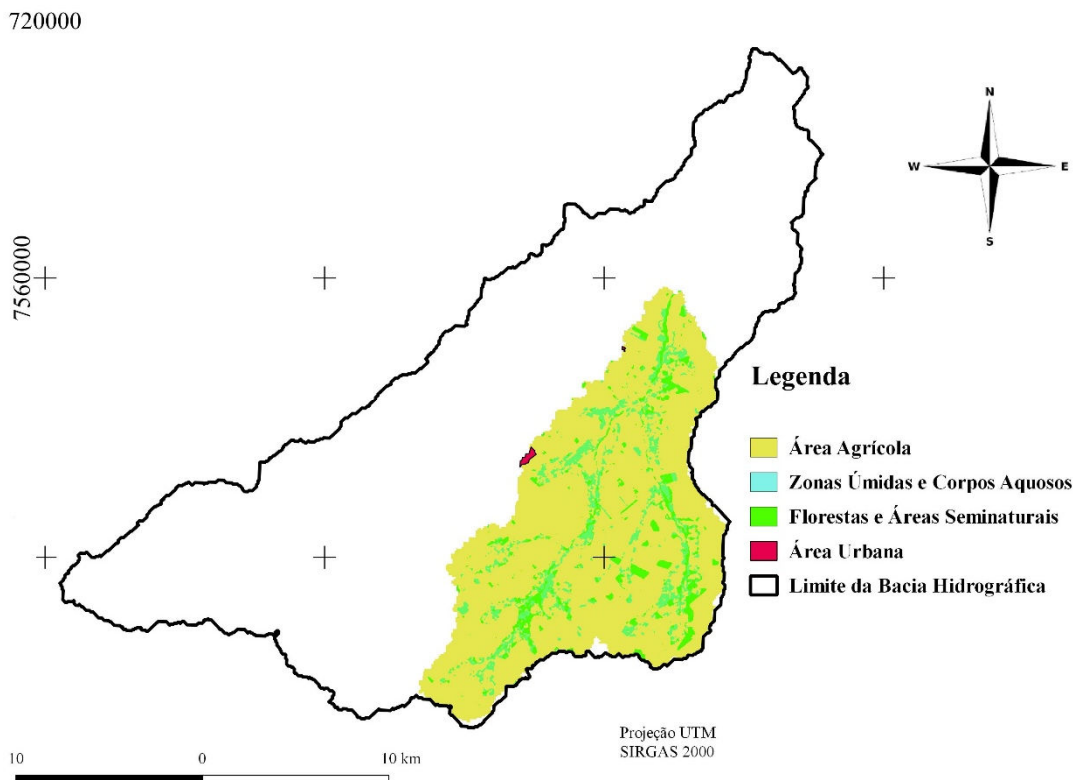


Figura 5. Sub bacia de área de influência à margem direita do Laranja Doce.

A área de influência à margem esquerda do Laranja Doce possui um total de 296, 83 Km², dos quais 30,5Km² (10,28%) são de área urbana ; 28,7Km²(9,66%) de área indígena; 17,3Km² (5,84%) de florestas e áreas seminaturais; 26,9 Km² (9,05%) de áreas úmidas e corpos aquosos e 193,5 Km² (65,17%) correspondem a áreas de uso agrícola. Nela está contida a maior parte da área urbana da bacia total (98,80%) e toda a área indígena (100%).

Áreas sob forte influência urbana podem sofrer redução na qualidade de suas águas superficiais com o aumento do escoamento devido a impermeabilização do solo, deposição inadequada de resíduos sólidos e receptação de efluentes domésticos e industriais o que pode aumentar o nível de bactérias fecais, diminuir o oxigênio dissolvido e influenciar grande parte dos parâmetros da qualidade de água (CUNHA & BORGES, 2015; CAPP et al., 2012; PONTES et al., 2012; TUCCI, 2008; SILVA & PORTO, 2003)

Já a margem direita, é composta basicamente por áreas agrícolas (170,0 Km² ou 84,15%), contendo fragmentos de florestas e áreas seminaturais (12,9 Km² ou 6,40%) e algumas zonas úmidas e corpos aquosos (18,7 Km² ou 9,27%), com mínima presença de área urbana(0,37 Km² ou 0,18%).

As atividades agrícolas, que representam a maior parte da área de influência à margem direita do Laranja Doce, podem contribuir para a degradação de mananciais. O preparo do

solo para o cultivo torna o solo mais susceptível à erosão, o que pode acarretar no aumento da turbidez das águas superficiais (GONÇALVES & ROCHA, 2016; FERNANDES et al., 2011) e na contaminação dos corpos hídricos por substâncias orgânicas e inorgânicas. A aplicação de agrotóxicos, fertilizantes e resíduos oriundos da criação intensiva de animais estão entre as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água em regiões sob influência rural (RESENDE, 2002).

3.3. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Em relação aos parâmetros da qualidade da água (Tabela 2), pode ser observado que em todos os pontos amostrais os parâmetros pH e turbidez estão em conformidade tanto com a Resolução 357 do CONAMA (2005) quanto com a Deliberação 36 CECA/MS (2012) para rios de Classe 2.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Laranja Doce.

PONTO	pH	¹ COND. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	² TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)	³ TURB. (NTU)	⁴ C. T. (UFC.100 mL^{-1})	⁵ OD (mg.L^{-1})	⁶ DBO _{5,20} (mg.L^{-1})
ME	7,1	103,7	25,3	34,8	22000	3,6	<5
MD	7,2	103,8	23,3	28,1	2400	4,8	<3
FOZ	7,3	94,4	25,0	50,7	400	4,0	<3

¹Condutividade elétrica; ²temperatura; ³turbidez; ⁴coliformes termotolerantes; ⁵oxigênio dissolvido; ⁶demanda bioquímica de oxigênio.

A legislação não estabelece padrões para condutividade e temperatura. No entanto, níveis superiores a $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$, indica uma possível impactação do ambiente. Ainda, valores elevados desse parâmetro podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2014). Portanto, é notada uma perturbação nas duas áreas de contribuição da bacia hidrográfica, onde tanto para margem direita quanto para margem esquerda, foram obtidos valores superiores a $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Resultados elevados de condutividade elétrica para corpos hídricos também foi verificada por Buzelli & Cunha Santino (2013), o que pode indicar uma possível contaminação para esses afluentes.

Os valores de coliformes termotolerantes atingiram níveis muito elevados, fazendo com que apenas o ponto que representa a foz, esteja dentro do limite aceitável para rios de Classe 3 (CECA, 2012). Na área de contribuição à margem direita da BH, é notada alta

presença de coliformes termotolerantes. As bactérias do grupo coliforme apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas e também podem ser encontradas nas fezes de animais de sangue quente (VON SPERLING, 1996), o que indica que o afluente pode estar sofrendo com escoamento superficial, que possivelmente está transportando fezes de animais utilizadas na adubação de lavouras ou provenientes da prática do pastoreio, uma vez que essa região possui predominância agrícola e não possui evidência do lançamento direto de efluentes.

Diferente da situação anterior, a área de influência à margem esquerda (ME), é detentora da maioria do uso urbano da BH. Agravando a situação, o mesmo corpo hídrico recebe a destinação de efluentes de duas diferentes estações de tratamento (ETE). Essa condição pode explicar o altíssimo valor para coliformes termotolerantes encontrado no ponto amostral, o qual ultrapassa em 2000% o valor estabelecido pela legislação para rios de Classe 2.

O resultado obtido serve como alerta, pois entre os coliformes termotolerantes podem estar presentes organismos patógenos, que trazem risco a quem utiliza a água contaminada. Outra preocupação é em relação a eficiência do tratamento empregado nos efluentes antes da deposição dos mesmos no corpo hídrico, pois os resultados demonstram que o sistema de tratamento utilizado não é eficaz na remoção de coliformes.

Trata-se de uma questão de saúde pública, uma vez que os coliformes termotolerantes estão associados a um elevado número de patologias e diretamente considerados o motivo da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas, além de poder estar envolvida ou ter participação em diversas outras patologias, como meningites, intoxicações alimentares, infecções urinárias e pneumonias (YAMAGUCHI et al. 2013).

Para o parâmetro oxigênio dissolvido (OD), verificou-se que todos os locais amostrados estão com valores inferiores ao mínimo estabelecido na legislação para rios de Classe 2, que é de 5 mg.L^{-1} (CECA, 2012), enquadrando os pontos margem direita (MD) e foz como rios de Classe 3 (OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg.L^{-1}). É possível perceber ainda, que no ponto amostral da área de influência à margem esquerda da bacia do Laranja Doce (ME), o valor de OD encontrado foi de $3,55 \text{ mg.L}^{-1}$, abaixo do permitido tanto para Classe 2 quanto para a Classe 3. O resultado encontrado se deve, possivelmente, devido ao uso e ocupação da região, pois a ME corresponde a área com maior ocupação urbana quando comparada a área à direita, que possui ocupação predominante de uso agrícola. O valor encontrado para ME, visivelmente está influenciando no valor à jusante,

visto que para a foz, local com densidade de vegetação maior e aparentemente mais preservado, o OD foi inferior à MD.

O oxigênio é necessário para a respiração de microrganismos aeróbicos, bem como outras formas aeróbicas de vida. A maioria das espécies de peixe não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (KATO & PIVELI, 2005). Além disso, a presença de OD em águas residuárias é desejável por prevenir a formação de substâncias com odores desagradáveis que comprometem os diversos usos da água como, consumo humano ou meio de recreação (FIORUCCI & BENEDETTI FILHO, 2005).

Reduções consideráveis de OD podem ocorrer nos ambientes aquáticos, com graves consequências ambientais, se quantidades significativas de matéria orgânica forem a eles incorporadas. É comum tal ocorrência com o lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais ricos em matéria orgânica nos corpos d'água. A elevação da matéria orgânica resulta em maior taxa de respiração de microrganismos, ocasionando à elevação das quantidades de CO_2 e metano e, principalmente, em uma demanda de oxigênio, cuja disponibilidade é pequena devido à sua solubilidade bastante limitada na água (FIORUCCI & BENEDETTI FILHO, 2005).

Já para a demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$) todos os pontos amostrados estão dentro do padrão estabelecido pela CECA (2012) para rios de Classe 2, que determina valor máximo para DBO 5 dias a 20°C até 5 mg.L^{-1} . Mesmo em conformidade, é possível notar um valor aumentado da DBO para a ME, o que está em consonância com os demais parâmetros avaliados, que indicam uma maior impactação dessa área de contribuição da bacia hidrográfica.

Analisando os resultados obtidos, são evidentes os impactos antrópicos do uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica do Laranja Doce, sendo o uso urbano, o que mais comprometeu a qualidade da água para o local de estudo, pois os piores resultados obtidos foram para o ponto de amostragem localizado na área de influência à margem esquerda da BH.

Diante de tais fatos torna-se evidente que a sub bacia que concentra a maior ocupação urbana sofre maiores impactos ambientais e deterioração quando relacionado aos cursos d'água. Ainda, percebe-se que o uso agrícola também causa impactos negativos nos corpos hídricos, porém não tão acentuados quanto à ocupação urbana para os parâmetros avaliados.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a bacia do Laranja Doce possui grande influência antrópica, visto que a maior parte da mesma, pelo menos 83%, se encontra antropizada.

A sub bacia da área de contribuição à margem esquerda da bacia hidrográfica, que concentra a maior parte do uso urbano da bacia, foi a região que apresentou os piores resultados para a qualidade da água, tendo um valor alarmante para coliformes termotolerantes.

A sub bacia da área de contribuição à margem direita da bacia hidrográfica, com predominância de uso e ocupação agrícola, também apresentou valores que indicam a deterioração dos afluentes, porém não tão severos quando comparada à sub bacia oposta.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Fundação. Disponível em: < <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/bens-da-uniao/terras-indigenas>> Acesso 02 jul. 2018.

BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. **Ecological Indicators**, v. 41, p. 187-197, 2014.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CAPP, N.; AYACH, L. R.; SANTOS, T. M. B.; GUIMARÃES, S. T. L. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n.3, p. 77-92, 2012.

CECA- **Conselho Estadual de Controle Ambiental**. Deliberação 36, dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e padrões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências, 2012.

CETESB- **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade- Apêndice D. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

CONAMA- **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução 357, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

CORINE- Coordination of information on the environment. Land cover technical guide: addendum. Copenhagen: EuropeanEnvironmentAgency, 2000.

COUTINHO, L. M. **Mapeamento de uso do solo e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do Córrego Itabira, Cachoeiro de Itapemirim-ES.** In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, PB, 2015.

CRIADO, R. C.; PIROLI, E. L. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 1010-1021, 2012.

CUNHA, D. F.; BORGES, E. M. Urbanização acelerada: risco para o abastecimento de água na região metropolitana de Goiânia. **Revista Geo UERJ**, n. 26, p. 226-244, 2015.

DIAS, R. M.; SALVADOR, N. N. B.; BRANCO, M. B. C. Identificação dos níveis de degradação de matas ripárias com o uso de SIG. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 150-161, 2014.

DING, J.; JIANG, Y.; FU, L.; LIU, Q.; PENG, Q.; KANG, M. Impacts of land use on surface water quality in a subtropical river basin: a case study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. **Water**, v. 7, p. 4427-4445, 2015.

DOURADOS. Prefeitura Municipal de Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul. **Lei Complementar nº 205.** Dourados, MS, 2012. 173 p.

DUPAS, R.; DELMAS, M.; DORIOZ, J. M.; GARNIER, J.; MOATAR, F.; GASCUEL-ODOUX, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **EcologicalIndicators**, v. 48, p. 396-407, 2015.

ESRI Inc. - ARC / INFO version 7.11. Environmental Systems ResearchInstitute Inc.New York, 1997, 1 CD ROM.

FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; RAMOS, G. M.; GASPAR, A.; MOURA, M. R. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 105-116, 2011.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova**, v.22, p.10-16, 2005.

GARCIA, A. S.; BALLESTER, M. V. R. Land cover and land use changes in a Brazilian Cerrado landscape: drivers, processes, and patterns. **Journal of Land Use Science**, p. 1-22, 2016.

GONÇALVES, D. R. P.; ROCHA, C. H. Indicadores de qualidade da água e padrões de uso da terra em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1172-1183, 2016.

GVSIG- OAD- Oxford Archaeology Digital Edition 1.10, 2010.

HEPP, L. U.; MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, L. M. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). **Zoologia**, v. 27, n. 1, p. 106-113, 2010.

HEPP, L. U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 157, p. 305-318, 2009.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso 08 mai. 2016.

KANG, J. H.; LEE, S. W.; CHO, K. H.; KI, S. J.; CHA, S. M.; KIM, J. H. Linking land-use type and stream water quality using spatial data of fecal indicator bacteria and heavy metals in the Yeongsan river basin. **Water Research**, v. 44, n. 14, p. 4143-4157, 2010.

KATO, M. T.; PIVELI, R. P. **Qualidade das águas e poluição**: Aspectos físico-químicos. ABES: São Paulo, 2005.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p.519-534, 2016.

MILESI, S.V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. Efeito de metais Cobre (Cu) e Zinco (Zn) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos do sul do Brasil. **Acta Scientiarum – Biological Science**, v. 30, n.3, p. 283- 289, 2008.

NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E. M.; ZUANON, J.; MARCO JUNIOR, P.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J. D.; JUEN, L. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 117-131, 2008.

PAULA, M. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização do uso da terra da bacia hidrográfica da UHE de Caçu-GO. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 4, p. 1482-1490, 2012.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na microbacia do Córrego Banguelo- Contagem. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 2.14.16 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

SANTOS, A. B.; PETRONZIO, J. A. C. **Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR, INPE, p.6185, 2011.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 47, p. 129-145, 2003.

TUCCI, C. E. M. Urban Waters. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

USGS- United States Geological Survey. Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso 06jun. 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

YAMAGUCHI, M. U.; CORTEZ, L. E. R.; OTTONI, L. C. C.; OYAMA, J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde**, v. 37, n. 3, p. 312-320, 2013.

CAPÍTULO 3 -RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LARANJA DOCE

RESUMO

O uso de geotecnologias vem ganhando cada vez mais espaço como ferramenta auxiliar em estudos aplicados, sobretudo na área ambiental. Nesse contexto, o presente trabalho visa verificar a influência do índice de vegetação na temperatura da superfície terrestre da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizado na porção sul do estado de Mato Grosso do Sul. Utilizando imagens Landsat 8 elaboraram-se as cartas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada(NDVI) e da Temperatura da Superfície Terrestre(TST). Os valores de NDVI variaram de -0,202 a 0,527 enquanto a TST variou de 24,80 a 42,36 °C. A partir de uma análise de correlação linear, constatou-se que a temperatura da superfície terrestre possui forte correlação linear negativa com o índice de vegetação (-0,9516), demonstrando que a vegetação possui um importante papel na regulação do clima, pois áreas com presença mais densa de vegetação tendem a apresentar temperaturas amenas em relação a áreas desnudas. As geotecnologias livres aplicadas ao presente estudo, mostraram-se satisfatórias, pois permitiu o levantamento de temperatura de superfície e índice de vegetação de um grande espaço territorial com baixo custo operacional e em reduzido tempo.

PALAVRAS-CHAVE:TST; NDVI, correlação.

ABSTRACT

The use of geotechnologies is gaining more and more space as tool auxiliary in applied studies, particularly in the environmental area. In this context, the present study aims to verify the influence of the vegetation index in land surface temperature in watershed of the LaranjaDoceStream, located in the southern portion of the State of Mato Grosso do Sul. Using Landsat 8 prepared cards of the Normalized Difference vegetation index (NDVI) and the temperature of the Earth's surface (TST). The NDVI values ranged from -0,202 to 0,527 while TST ranged from 24,80 to 42,36 °C. From a linear correlation analysis, it was found that the temperature of the Earth's surface has strong negative linear correlation with the vegetation index (-0,9516), demonstrating that the vegetation has an important role in climate regulation, because areas with denser vegetation presence tend to have mild temperatures in bare areas. The geotechnology applied to this free study, proved to be satisfactory, because it allowed the lifting of surface temperature and vegetation index of a large territorial area with low operating costs and reduced time.

KEY-WORDS: TST; NDVI, correlation.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma do País em área, ocupando mais de 2 milhões de Km², o que corresponde a cerca de 23% do território nacional (QUEIROZ, 2009).

As formações florestais do bioma Cerrado pertencem a dois grupos: as formações associadas aos cursos d'água (ribeirinhas), que ocorrem geralmente em solos mais úmidos e as formações que não possuem associação com cursos d'água (interflúvios), que ocorrem geralmente em solos mais ricos em nutrientes. O grupo associado aos cursos d'água inclui a mata ciliar e a mata de galeria, que são formações ribeirinhas que podem ocorrer tanto em terrenos com solos bem drenados quanto mal drenados (COELHO, 2011; RIBEIRO & WALTER, 2008).

As matas de galeria são formações florestais que margeiam cursos d'água de pequeno porte, geralmente encravados nos fundos de vales ou cabeceiras de drenagens onde ainda não formaram os canais principais (RIBEIRO & WALTER, 2008). Tal fato permite que as copas das árvores de margens diferentes se toquem formando galerias sobre o curso hídrico (RIBEIRO & WALTER, 2008; RIBEIRO et al., 2001; FELFILI et al., 2000).

As matas de galeria compõem gradientes ambientais que possibilitam a colonização por grande variedade de espécies, sendo utilizadas como corredores ecológicos, ainda, funcionam como uma barreira natural reduzindo significativamente a poluição de origem difusa causada pelo escoamento superficial (SÃO PAULO, 2014; LIMA, 2007). As matas de galeria embora representem apenas 5% da área total do bioma Cerrado, apresentam cerca de 33% da sua flora fanerogâmica (FELFILI et al., 2001).

Além de ser fundamental para o equilíbrio faunaflorestal, as matas associadas aos cursos d'água, assim como demais áreas arborizadas, possuem um importante papel na regulação do clima, em especial da temperatura da superfície terrestre.

A vegetação possui função na melhoria e estabilidade microclimática devido à redução das amplitudes térmicas, redução da insolação direta, ampliação das taxas de evapotranspiração e redução da velocidade dos ventos (MILANO & DALCIN, 2000). Áreas com presença de vegetação tendem a ter temperaturas reduzidas e um maior conforto térmico, principalmente em regiões de clima tropical (SILVA et al., 2015; LIMA NETO, 2011; ABREU, 2008).

Além de áreas arborizadas, outros fatores influenciam a temperatura da superfície, como o aumento desordenado de cidades, aumento de áreas impermeáveis, a queima de combustíveis fósseis e os tipos de cobertura da terra (RAJENDRAN & MANI, 2015; WU et al., 2015; PANDYA et al., 2014; LI et al., 2013; KUMAR, et al., 2012; JIANG & TIAN, 2010).

Quando se trata de pequenas bacias hidrográficas, a alteração da temperatura de superfície, e as consequências que essa alteração pode causar na temperatura do ar influenciam diretamente os processos envolvidos no sistema hidrológico de uma região (STEINKE et al., 2010). Como é complexo o estudo da temperatura da superfície sobre a terra, as medições no solo podem não fornecer valores de temperatura para áreas muito amplas (NDOSSI & AVDAN, 2016). Com o desenvolvimento de tecnologias de satélites e a disponibilidade de imagens com uma alta resolução espacial, os dados do satélite trazem a vantagem de medir a temperatura da superfície terrestre em todo o globo, além de permitir o monitoramento e o estudo multitemporal das mesmas (PIRES & FERREIRA JUNIOR, 2015).

Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do índice de vegetação na temperatura da superfície da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, MS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

Neste estudo, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 TM (USGS, 2016) órbita-ponto 224/75, com data de passagem em 28 de setembro de 2016.

Para o estudo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI- *NormalizedDifferenceVegetation Index*) foram utilizadas as bandas 4 e 5. Já para o estudo da Temperatura da Superfície Terrestre (TST ou LST- *Land Surface Temperature*) foi utilizada a banda 10.

2.2. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA-NDVI

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, proposto por Rouse et al (1974), é uma relação entre medidas espectrais (refletância - ρ) de duas bandas, a do infravermelho próximo-IV (700-1300 nm) e a do vermelho-V (600-700 nm), as bandas 5 e 4 do Lansat 8, respectivamente. Os índices de vegetação são ferramentas que permitem a avaliação de diferentes tipos de vegetação, a partir da identificação da presença de clorofila (BASTIAANSSEN, 1998).

Os valores do índice variam de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação e que o valor zero se refere aos pixels não vegetados (ABDALLA et al., 2015). Os valores de NDVI podem ser obtidos a partir da equação (1) (ROUSE et al., 1974):

Equação (1)

$$NDVI = \frac{\rho \text{ NIR} - \rho \text{ red}}{\rho \text{ NIR} + \rho \text{ red}}$$

Os valores do NDVI foram calculados na calculadora *raster* inserida no *software* QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016).

As imagens de índice de vegetação foram classificadas e foi aplicada uma escala cromática de pseudocor às imagens resultantes, com o intuito de melhor identificar o comportamento da vegetação dos alvos na imagem.

2.3. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE-TST

Para obtenção dos dados de temperatura da superfície utilizou-se a banda 10, correspondente ao Infravermelho Termal do Landsat 8.

O processamento e tratamento da imagem, foi realizado com o auxílio da calculadora *raster*, inserida no *software* QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016), para conversão dos *Digital Number* (DN) para valores em refletância do topo da atmosfera (TOA) (Equação 2), seguido da conversão da refletância para temperatura em Kelvin (Equação 3) onde o resultado é convertido para Celsius (Equação 4) por meio das equações cedidas pelo Serviço Geológico Americano (USGS).

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

L_{λ} = Radiância espectral do sensor ($W \cdot (m^2 \cdot sr \cdot \mu m)^{-1}$).

M_L = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 ($3.3420E-04$).

A_L = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 (0.10000).

Q_{cal} = Valor do pixel em DN (Banda 10).

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K).

L_{λ} = Radiância espectral do sensor ($W \cdot (m^2 \cdot sr \cdot \mu m)^{-1}$).

$K1$ = Constante de calibração 1 (774.89 K).

$K2$ = Constante de calibração 2 ($1.321.08$ K).

$$T_{\text{C}} = T_{\text{K}} - 273.15 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

T_{C} = Temperatura da superfície terrestre em °C.

T_{K} = Temperatura da superfície terrestre em K.

As imagens de temperatura de superfície foram classificadas e foi aplicada uma escala cromática de pseudocor às imagens resultantes, com o intuito de melhor identificar o comportamento da temperatura dos alvos na imagem.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a obtenção dos valores de NDVI e TST, foram selecionados 20 pontos aleatórios na BH do Laranja Doce, os quais foram submetidos a Análise de Correlação de Pearson e posterior confecção do gráfico de dispersão.

Para a análise de correlação, não foram incluídos valores negativos de NDVI, visto que esses valores representam áreas sem nenhum tipo de cobertura vegetal (corpos hídricos e áreas inundadas) e a intenção é analisar a influência da densidade da vegetação na temperatura da superfície terrestre para a bacia em questão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. NDVI

Com a utilização de ferramentas do sensoriamento remoto foi possível quantificar o NDVI para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce (Figura 1).

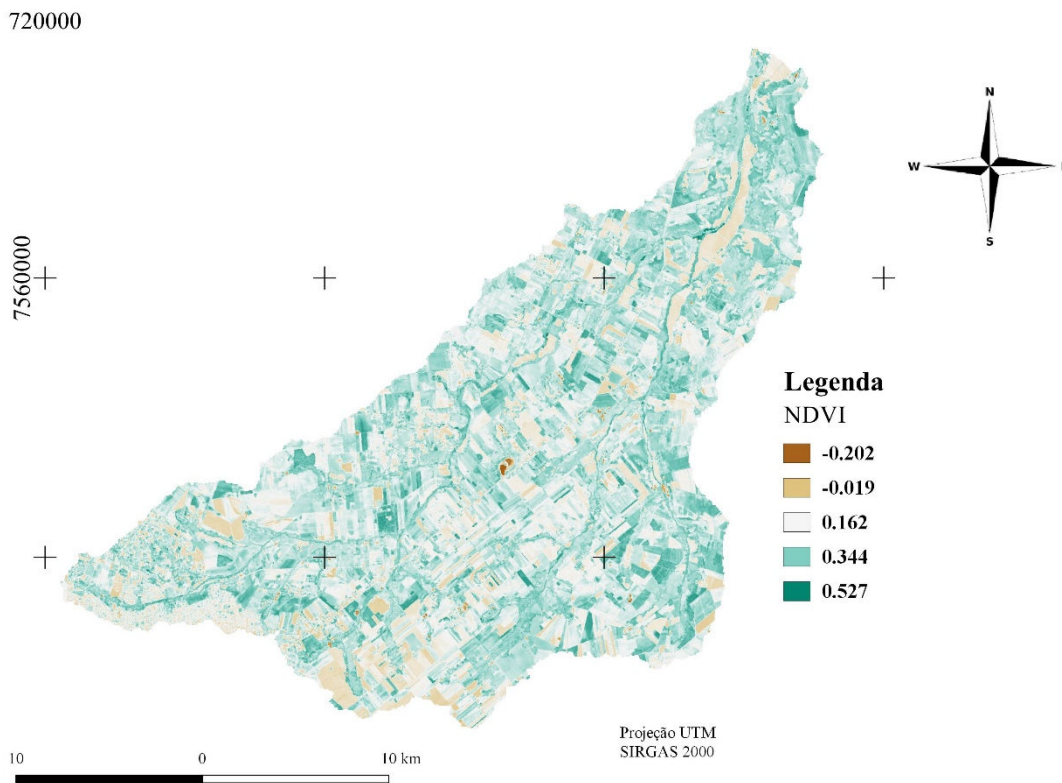


Figura 1. Carta do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

Os valores de NDVI variaram de -0,202 a 0,527. Os valores negativos obtidos para a BH do Laranja Doce representam áreas com presença de corpos hídricos e áreas inundáveis, as quais são isentas ou possuem escassez de vegetação. Conseqüentemente, os valores maiores representam os locais com maior densidade de vegetação, correspondendo aos fragmentos de área de preservação permanente do córrego e a áreas de silvicultura como também observado por Lima & Freitas Filho (2015).

Os valores de NDVI na BH de estudo também foram semelhantes aos encontrados por Fausto et al. (2016), no estado de Mato Grosso. Segundo Gurgel et al. (2003), os valores de NDVI nas regiões de Cerrado estão associados especialmente a fatores climáticos, onde os valores mínimos são bem definidos e ocorrem no mês de setembro, final do período seco dessa região. Conforme os autores, os baixos valores de NDVI decorrem da queda das folhas de grande parte dos indivíduos desta formação vegetal, durante o período de seca, o que pode justificar os valores de NDVI para o presente estudo, visto que a imagem utilizada para a obtenção do índice tem data de passagem em 28 de

setembro de 2016, coincidindo com a estação seca para a região. Os estudos realizados por Acerbi Junior et al. (2015) e por Couto Junior et al. (2011) reforçam a condição de menores valores de NDVI para a estação seca.

A vegetação além de servir como barreira natural contra erosão e escoamento superficial, é um dos fatores responsáveis por manter a umidade do solo, o que pode influenciar diretamente na temperatura superficial. Portanto, onde há maior índice de vegetação espera-se menores temperaturas de superfície.

3.2. TST

Na bacia hidrográfica do Laranja Doce, a TST variou de 24,80 a 42,36 °C (Figura 2).

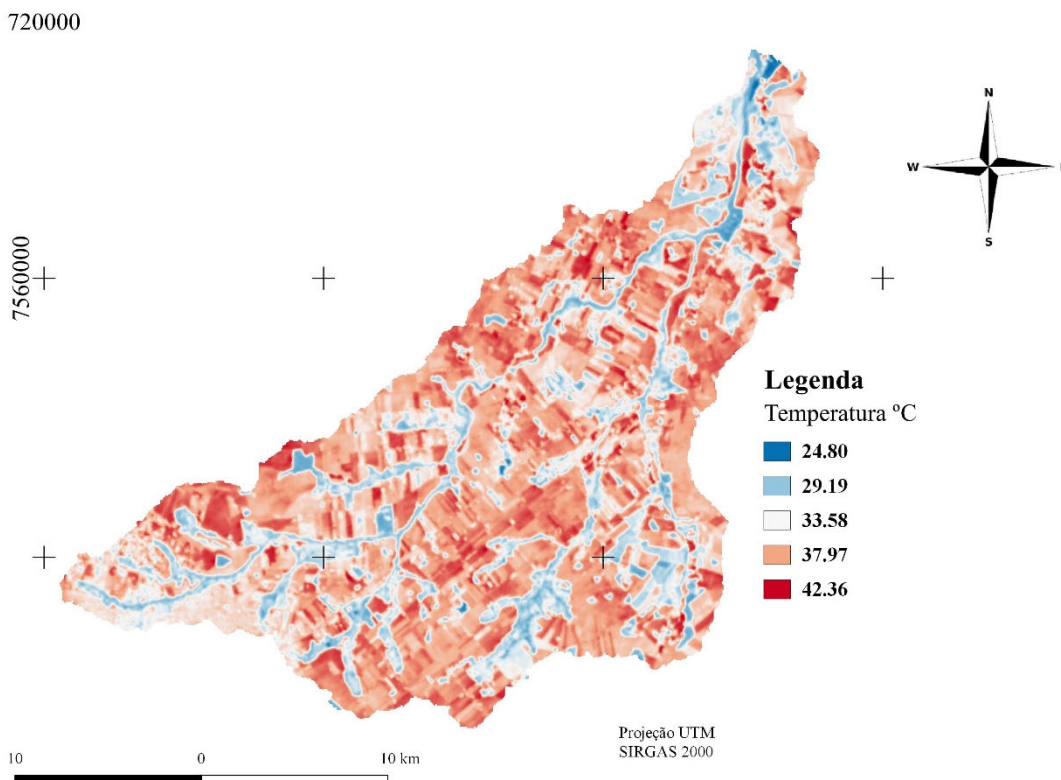


Figura 2. Carta de Temperatura da Superfície Terrestre para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

As menores temperaturas encontradas podem ser observadas ao entorno dos cursos d'água, locais onde a presença de vegetação é mais densa, o que reforça a ideia de que a vegetação auxilia na minimização da temperatura da superfície terrestre. Corroborando, as temperaturas de superfície mais elevadas estão associadas as áreas desnudas ou com índice de vegetação mais baixos.

Segundo Coelho et al. (2016) e Alves et al. (2011) tal resultado se deve ao fato de que áreas com maior concentração e adensamento de vegetação possuem absorção solar mais elevada e grande parte da radiação incidente nelas é utilizada para a evapotranspiração, resultando na redução da temperatura do ar e no aumento da umidade no entorno, reduzindo os extremos ambientais.

Pode-se perceber a partir do exposto, que a vegetação possui um importante papel na regulação do clima, pois áreas com presença mais densa de vegetação tendem a apresentar temperaturas amenas em relação a áreas desnudas.

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir da observação dos resultados obtidos pela análise de correlação, constatou-se que a temperatura da superfície terrestre possui forte correlação linear negativa com o índice de vegetação (-0,9516), ou seja, quanto menor o índice de vegetação maior a temperatura da superfície e quanto maior o índice de vegetação menor a temperatura da superfície (Figura 3).

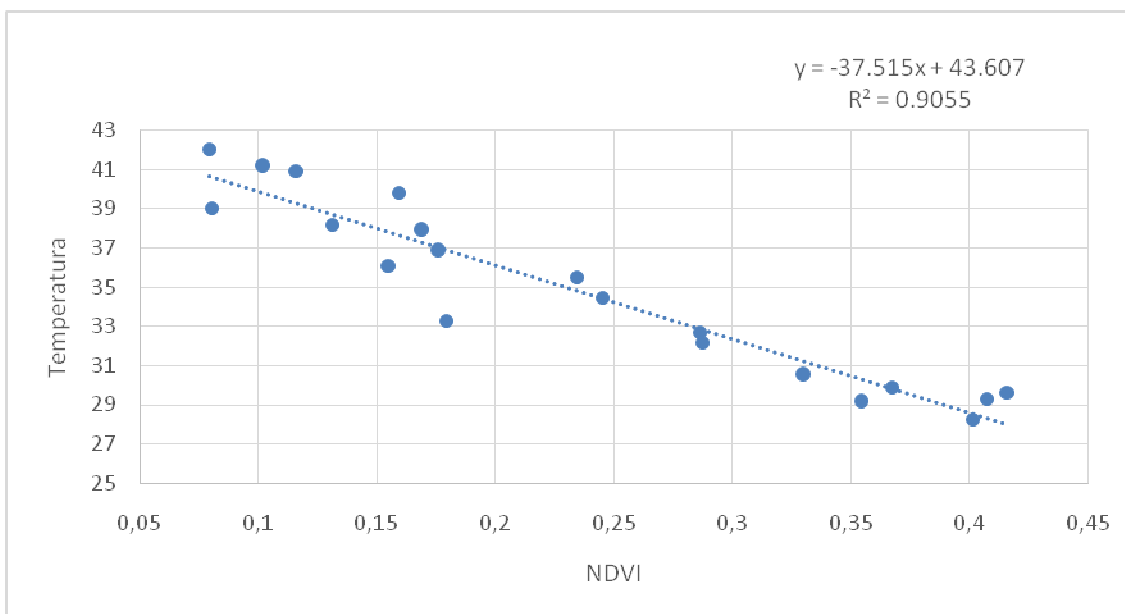


Figura 3. Gráfico de dispersão para correlação dos dados de temperatura com o NDVI para a Bacia Hidrográfica do Laranja Doce.

Mallick et al. (2012) e Dousset e Gourmelon (2003) afirmam que a forte correlação negativa entre TST e NDVI se deve a disponibilidade de umidade da vegetação que permite que uma fração maior do fluxo radiativo líquido seja equilibrada pela evapotranspiração e pelo fluxo de calor latente, reduzindo assim o fluxo de calor sensível, o que explica os valores de TST.

Já Quan et al. (2014) correlacionaram centros de ilhas de calor com baixa cobertura vegetal devido a três razões principais: a evapotranspiração da vegetação aumenta o fluxo de calor latente da radiação solar absorvida (GRIMMOND & OKE, 1991), a maior rugosidade superficial da cobertura vegetal reduz a remoção de calor convectivo (BONAN, 1997), e o armazenamento de calor da vegetação é baixo (ZHOU et al., 2013).

4. CONCLUSÃO

Os índices de vegetação da bacia hidrográfica do Laranja Doce apresentam baixos valores, variando de -0,202 a 0,527, o que caracteriza um alto nível de antropização.

As temperaturas da superfície terrestre apresentaram-se bem elevadas, estando entre 24,80 a 42,36 °C, sendo que os menores valores estão associados a presença dos cursos d'água e sua respectiva vegetação.

Verificou-se forte correlação linear negativa (-0,9516) da temperatura da superfície terrestre com o índice de vegetação por diferença normalizada.

Estudos envolvendo aplicação de índices de vegetação associados a dados de temperatura, podem auxiliar na definição de áreas prioritárias para recuperação, sendo um importante preditivo para subsidiar políticas públicas de conservação para a BH do Laranja Doce e de locais com situação similares.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, N. I.; GAIBALLA, A. K.; KÄTSCH, C.; SULIEMAN, M.; MARIOD, A. Using MODIS- Derived NDVI and SAVI to distinguish between different rangeland sites according to soil types in semi-arid areas of Sudan (North Kordofan State). **International Journal of Life Science and Engineering**, v. 1, n. 4, p. 150-164, 2015.

ACERBI JUNIOR, F. W.; SILVEIRA, E. M. O.; MELLO, J. M.; MELLO, C. R.; SCOLFORO, J. R. S. Change detection in Brazilian savannas using semivariograms derived from NDVI images. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 2, p. 103-109, 2015.

ALVES, A. C. N.; ANDRADE, T. C. Q.; NERY, J. M. F. G. A influência da vegetação e da ocupação do solo no clima urbano: um exercício analítico sobre a Avenida Paralela. **Fórum Patrimônio**, v. 4, n. 1, p. 43-52, 2011.

ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2008.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **Remote sensing in water resources management: The state of the art**. International Water Management Institute. Sri Lanka, 1998.

BONAN, G. Effects of land use on the climate of the United States. **ClimaticChange**, v. 37, n. 3, p. 449–486, 1997.

COELHO, F. N.; SANTOS, C. C. P; NASCIMENTO, M. P. **Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ TIRS para o mapeamento de temperatura de superfície em perímetros urbanos, no município de Várzea Grande, Mato Grosso**. In: 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá-MT, 2016.

COELHO, G. A. O. **Padrões florísticos e estruturais da comunidade arbustivo-arbórea de bordas naturais em matas de galeria no alto do Rio Grande-MG**. Dissertação. Mestrado em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras-MG, 2011.

COUTO JUNIOR, A. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; SANTANA, O. A.; SOUZA, V. V.; ENCINAS, J. I. Tratamento de ruídos e caracterização de fisionomias do cerrado utilizando séries temporais do sensor MODIS. **RevistaÁrvore**, v. 35, n. 3, p. 699-705, 2011.

DOUSSET, B.; GOURMELON, F. Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. **JournalofPhotogrammetry& Remote Sensing**, v. 58, p. 43-54, 2003.

FAUSTO, M. A.; ANGELINI, L. P.; MARQUES, H. O.; SILVA FILHO, A.; MACHADO, N. D.; BIUDES, M. S. Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. **Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, 2016.

FELFILI, J. M.; MENDONÇA, R.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; NÓBREGA, M. G. G.; FAGG, C. W.; SEVILHA, A. C.; SILVA, M. A. **Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central**. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUZA-SILVA, J. C. Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF, v. 1, p. 195-209, 2001.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de Matas de Galeria**. Série Documentos, Embrapa Cerrados. Planaltina. n.21. 45 p., 2000.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. Anevapotranspiration–interceptionmodel for urbanareas. **WaterResourcesResearch**, v. 27, n. 7, p. 1739–1755, 1991.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 85-90, 2003.

JIANG, J.; TIAN, G. Analysis of the impact of land use/land cover changes on Land Surface Temperature with Remote Sensing. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 571-575, 2010.

KUMAR, K. S.; BHASKER, P. U.; PADMAKUMARI, K. Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using Landsat Etm+ Image. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 4, n. 02, p. 771-777, 2012.

LI, Z. L.; TANG, B. H.; WU, H.; REN, H.; YAN, G.; WAN, Z.; TRIGO, I. F.; SOBRINO, J. A. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. **Remote Sensing of Environment**, v. 131, p. 14–37, 2013.

LIMA, D. B.; FREITAS FILHO, M. R. Análise do Índice de Vegetação como subsídio ao estudo de degradação ambiental: o caso da Serra da Meruoca-Ceará. **Geografia**, v. 24, n. 1, p. 91-105, 2015.

LIMA, J. A. **Avaliação da revegetação da mata de galeria no entorno do reservatório de água da fazenda Mandaguari Indianópolis, MG**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia-MG, 2007.

LIMA NETO, E. M. **Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2011.

MALLICK, J.; SINGH, C. K.; SHASHTRI, S.; RAHMAN, A.; MUKHERJEE, S. Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 19, p. 348 - 358, 2012.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro, RJ: **Light**, 2000.

NDOSSI, M. I.; AVDAN, U. Application of open source coding technologies in the production of land surface temperature (LST) maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. **Remote Sensing**, v. 8, n. 413, p. 1-31, 2016.

PANDYA, M. R.; SHAH, D. B.; TRIVEDI, H. J.; DARJI, N. P.; RAMAKRISHNAN, R.; PANIGRAHY, S.; PARIHAR, J. S.; KIRANKUMAR, A. S. Retrieval of land surface temperature from the Kalpana-1 VHRR data using a single-channel algorithm and its validation over western India. **International Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 94, p. 160–168, 2014.

PIRES, E. G.; FERREIRA JUNIOR, L. G. **Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa-PB, 2015.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 2.14.16 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016.

QUAN, J.; CHEN, Y.; ZHAN, W.; WANG, J.; VOOGT, J.; WANG, M. Multi-temporal trajectory of the urban heat island centroid in Beijing, China based on a Gaussian volume model. **Remote Sensing of Environment**, v. 149, p. 33-46, 2014.

QUEIROZ, F. A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do cerrado. **Sociedade e Natureza**, v. 21, n. 2, p. 193-209, 2009.

RAJENDRAN, P.; MANI, K. Estimation of spatial variability of land surface temperature using Landsat 8 imagery. **International Journal of Engineering And Science**, v. 4, n. 11, p. 19-23, 2015.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. C. S. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora, v. 1. Planaltina: EMBRAPA, p. 151-212, 2008.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite. In: 1 Symposium, Greenbelt: NASA, 1974.

SÃO PAULO- **SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE**. Cadernos de Educação Ambiental: Matas ciliares. 2ª Ed. 82 p., 2014.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, 2010.

SILVA, B. A.; XAVIER, T. C.; ALVAREZ, C. E. A influência da vegetação no conforto térmico para a condição microclimática de Vitória (ES). **Cidades Verdes**, v. 03, n. 08, p. 01- 15, 2015.

USGS- United States Geological Survey. Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso 25 nov. 2016.

WU, P.; SHEN, H.; ZHANG, L.; GÖTTSCHE, F. M. Integrated fusion of multi-scale polar-orbiting and geostationary satellite observations for the mapping of high spatial and temporal resolution land surface temperature. **Remote Sensing of Environment**, v. 156, p. 169–181, 2015.

ZHOU, J.; CHEN, Y. H.; ZHANG, X.; ZHAN, W. F. Modeling the diurnal variations of urban heat islands with multi-source satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 21, p. 7568–7588, 2013.

CAPÍTULO 4 - CARTA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PERDA DE SOLOS ANUAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO LARANJA DOCE

RESUMO

O uso e ocupação do solo de forma inadequada, tem como uma das principais consequências a erosão, que consiste no transporte de partículas do solo ocasionado por processos físicos e climáticos e agravado pela ação humana. Além de carregar nutrientes e camadas férteis de solos cultiváveis causando prejuízos financeiros, uma das mais graves consequências da erosão consiste na poluição dos corpos hídricos e seu assoreamento. Entre as medidas mitigadoras desse processo estão as boas práticas agrícolas e os planos de conservação. Este último, geralmente criado a partir de modelos de erosão, entre eles a Equação Universal da Perda de Solos (USLE). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo mapear e analisar qualitativamente a susceptibilidade erosiva do solo para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na porção sul do Estado de Mato Grosso do Sul, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo – USLE e das geotecnologias disponíveis de forma gratuita na rede. Os valores para a estimativa da perda anual de solo para o local em estudo, variaram entre 0 e $392 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, sendo que 66,33% da bacia hidrográfica do Laranja Doce possui baixa a média propensão à erosão laminar enquanto as áreas com forte a muito forte propensão representam apenas 2,52% da bacia. Os dados ambientais gratuitos utilizados, de média resolução espacial, apresentaram-se satisfatórios para a análise qualitativa proposta neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE:USLE; *software* livre;QGIS.

ABSTRACT

The use and occupation of the soil inappropriately, is one of the main consequences of erosion, consisting in the transportation of soil particles caused by physical and climatic processes and compounded by human action. Besides to carry nutrients and fertile arable soil layers causing financial losses, one of the most serious consequences of the erosion is the pollution of water bodies and your silting. Among the mitigating measures of this process are the good agricultural practices and conservation plans. The latter, usually created from erosion models, among them the Universal Soil Loss Equation (USLE). In this context, the present study aims to map and analyze qualitatively erosive susceptibility of soil to the water catchment area of LaranjaDoce Stream, located in the southern portion of the State of Mato Grosso do Sul, through the application of the Universal Soil Loss Equation -USLE and geotechnology available for free on the net. The values for the estimation of the annual loss of soil to the site under study, ranged between 0 and 392 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, with 66,33% of the catchment area of the LaranjaDoce has low average propensity to laminar erosion while areas with strong to very strong propensity represent only 2,52% of the basin. Free environmental data used, medium spatial resolution, were satisfactory for the qualitative analysis proposed in this study.

KEY-WORDS:USLE; free software, QGIS.

1. INTRODUÇÃO

A conservação do solo e da água constitui prioridade fundamental na gestão adequada de bacias hidrográficas e do uso da terra (ANTUNES & COUTINHO, 2011), incluindo a avaliação e controle da erosão (ANACHE et al., 2017). A erosão do solo representa uma séria ameaça para os recursos naturais em todo o mundo, com sérias consequências econômicas e ambientais (PROSDOCIMI et al., 2016), pois é grande responsável pela perda de nutrientes e matéria orgânica do solo (DECHEN et al., 2015) e ainda pelo assoreamento e contaminação de cursos d'água (BRITO, 2012).

A erosão do solo está diretamente relacionada às características físicas dos eventos pluviométricos (RAN et al., 2012), sendo a intensidade e duração das chuvas, o diâmetro e velocidade final de gotas de chuva, os fatores que irão caracterizar a erosividade (GOEBES et al., 2014). Tal problema pode ser amenizado com a adoção de práticas conservacionistas, que utilizam mapas de risco da ocorrência do fenômeno criados geralmente a partir de modelos de erosão (FAIZ & MAHMOUDI, 2016; BARBOSA et al., 2015).

Um dos modelos mais utilizados no cenário mundial para predição da erosão é a *Universal Soil Loss Equation* (USLE), proposta por Wischmeier & Smith (1978), que representa um importante instrumento de investigação qualitativa sobre o processo erosivo, pois leva em consideração o conjunto de fatores antrópicos e as características e propriedades dos fatores ambientais responsáveis pelas perdas de solos (BARBOSA et al., 2015; ELTZ et al., 2011; MAZURANA et al., 2009; MELLO et al., 2006).

A aplicação da USLE em diversas escalas, sobretudo em escala de bacias hidrográficas, vem sendo facilitada pelo uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (COSTA et al., 2013; LOPES et al., 2011; PINTO & GARCIA, 2005). Esta combinação é considerada ferramenta útil para o planejamento e conservação de solo e

água (OLIVEIRA et al., 2011), visto que atualmente, existe uma variedade de SIGs disponíveis de forma livre que vem gerando ótimos resultados, tornando-se assim excelentes ferramentas na execução de atividades como essa (RORIZ et al., 2016; BARBOSA et al., 2015).

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi mapear e analisar qualitativamente a susceptibilidade erosiva do solo para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na porção sul do Estado de Mato Grosso do Sul, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo – USLE e das geotecnologias disponíveis de forma gratuita na rede.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLOS

A USLE ou *Universal Soil Loss Equation* (Equação Universal da Perda de Solos) foi desenvolvida por Wischmeier & Smith (1978) para determinar perdas do solo por erosão laminar e em sulco em pequenas parcelas agrícolas e para longo período de tempo.

Os componentes da USLE são agrupados em seis fatores, que auxiliam no entendimento da atuação dos processos de erosão e em diferentes níveis de susceptibilidade. O produto dos fatores representa a média anual de perdas de solo (A) que é dada pela seguinte equação:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

A = perda média anual de solo por unidade de área ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

R = erosividade da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

K = erodibilidade do solo($\text{ton.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$);

L = comprimento da vertente;

S = declividade da vertente;

C = uso e manejo do solo e

P = práticas conservacionistas.

2.2. AQUISIÇÃO DE DADOS

Para a estimativa da erosão hídrica laminar foram utilizados o modelo digital de superfície (MDS) SRTM (*Shuttle Radar TopographMission*) (GLCF, 2000) e imagens do satélite Landsat 8 TM órbita-ponto 224/75, com data de passagem em 28 de setembro de 2016, obtida através *Earth Explorer* (USGS, 2016).

Também foram utilizados arquivos vetoriais em formato *shapefile* (ESRI, 1997) do limite político administrativo e da carta de solos do Estado de Mato Grosso do Sul, os quais foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Para todas as etapas do trabalho foram utilizados *softwares* livres e gratuitos como o gvSIG versão OADE (2010) e o QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016).

2.3. PROCESSAMENTO DE DADOS

A metodologia utilizada abrange basicamente estas etapas: geração do mapa de uso e ocupação através da classificação das imagens do satélite Landsat 8 TM (USGS, 2016); obtenção do mapa do fator topográfico através do SRTM (GLCF, 2000); aquisição da carta de solos e do mapa de erosividade da chuva; levantamento dos fatores de erodibilidade do solo (K) e uso e manejo e práticas conservacionistas (CP); e álgebra de mapas com as variáveis da USLE.

2.3.1. Fator R- Erosividade da chuva

O fator erosividade da chuva para a área de estudo foi obtido através do recorte da carta de erosividade da chuva do Estado de Mato Grosso do Sul, desenvolvida por Oliveira et al (2012). Para a confecção da carta, os autores utilizaram dados provenientes de três estações pluviométricas localizadas nos Municípios de Campo Grande, Dourados e Coxim, juntamente com os dados de precipitação de 109 estações pluviométricas localizadas no Estado de Mato Grosso do Sul disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (HidroWeb).

2.3.2. Fator K- Erodibilidade do solo

Para obtenção do fator de erodibilidade do solo (K), utilizou-se o Mapa de Solos de Mato Grosso do Sul, na escala 1:250.000, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em formato *shapefile* (ESRI, 1997), o qual foi recortado de acordo com o limite da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

A nomenclatura da classificação do solo foi atualizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) e o valor de K atribuído foi o mesmo adotado por Paranhos Filho (2000), sendo Latossolo Vermelho com valor de K de 0,012 ($\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) para a região do estudo.

Na sequência transformou-se o arquivo *shapefile* em arquivo tipo *raster*, para posterior utilização na equação USLE.

2.3.3. Fator L S- Fator topográfico

Os fatores comprimento de rampa (L) e declividade (S), que constituem em conjunto o fator topográfico, foram obtidos através do uso da ferramenta *Slope, aspect, curvature* do complemento SAGA GIS, inserido no *software* QGIS, para a obtenção do mapa correspondente ao ângulo de inclinação (θ). Posteriormente, com a ferramenta calculadora

raster foi calculado o mapa do fator β . O fator comprimento da declividade (λ) foi obtido por meio da ferramenta *r.watershed* do complemento GRASS inserido no *software* QGIS, sendo possível a obtenção do fator L. O fator S foi calculado utilizando-se as equações matemáticas correspondentes na ferramenta calculadora *raster*. Por fim, foram multiplicados os mapas dos fatores L e S, onde obteve-se o mapa do Fator Topográfico da bacia hidrográfica em estudo.

As equações utilizadas para a obtenção do Fator LS, foram as seguintes:

$$LS = L \cdot S \quad \text{Equação}$$

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m \quad \text{Equação (3)}$$

$$m = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad \text{Equação (4)}$$

$$\beta = \frac{\text{sen } \theta}{[3 \cdot (\text{sen } [\theta])^{0,8} + 0,56]} \quad \text{Equação (5)}$$

$$S = 10,8 \cdot \text{sen } \theta + 0,03 \text{ se } \theta < 9\% \quad \text{Equação (6)}$$

$$S = 16,8 \cdot \text{sen } \theta - 0,5 \text{ se } \theta \geq 9\%$$

Onde:

λ , refere-se ao comprimento da declividade; m, é o expoente da variação comprimento-declividade; β , trata-se do fator que varia com a declividade do terreno e θ é o ângulo de inclinação (MCCOOL et al, 1989).

2.3.4. Fator C P- Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas

Os fatores fator C e P foram integrados, formando um só mapa, pois conforme Gurgel et al. (2011), quando o enfoque do trabalho é a perda de solo por erosão, os fatores C e P estão correlacionados de tal forma que devem ser analisados conjuntamente, desta forma estes fatores são analisados em função do desenvolvimento de uso e ocupação do solo.

Primeiramente, para a obtenção do fator CP, foi necessária a confecção da carta de Uso e Ocupação do solo da área de estudo, a qual foi gerada a partir da classificação supervisionada utilizando as imagens Landsat 8 na composição R-G-B (red-green-blue) para as bandas 5, 4 e 3 respectivamente, com o auxílio da ferramenta SupervisedClassification da extensão Sextante do *software* livre e gratuito gvSIG versão OADE (2010). A escolha das classes foi feita por meio da interpretação visual de imagens a partir de pontos de controle pré estabelecidos em visitas à campo. Foram identificadas as classes: área urbana; áreas agrícolas; florestas e áreas seminaturais e; zonas úmidas e corpos aquosos.

Com base nas classes obtidas na geração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal, os valores de CP adotados no trabalho são adaptados aos sugeridos por Stein et al. (1987) e Oliveira (2012), sendo 0 para zonas úmidas e corpos aquosos; 0,0007 para florestas e áreas seminaturais e; 0,25 para áreas urbanas e agrícolas.

A partir da aplicação desses valores, obteve-se o mapa do Fator CP em formato *raster*, o qual foi integrado na fórmula da USLE.

2.4. APLICAÇÃO DOS FATORES OBTIDOS NA FÓRMULA DA USLE

Após a obtenção de todos os fatores componentes da USLE, com o auxílio da ferramenta calculadora *raster* inserida no QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016), realizou-se a álgebra de mapas da Equação 1. O produto gerado, refere-se ao mapa da estimativa de perda de solo por erosão hídrica laminar, o fator A da equação USLE.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a utilização de ferramentas do sensoriamento remoto foi possível obter os fatores que compõem a USLE.

3.1. FATOR R- EROSIVIDADE DA CHUVA

Os valores máximo e mínimo para a BH do Laranja Doce, a partir da análise de erosividade da chuva para o local, são de 8740,16 e 8653,38 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, respectivamente (Figura 1).

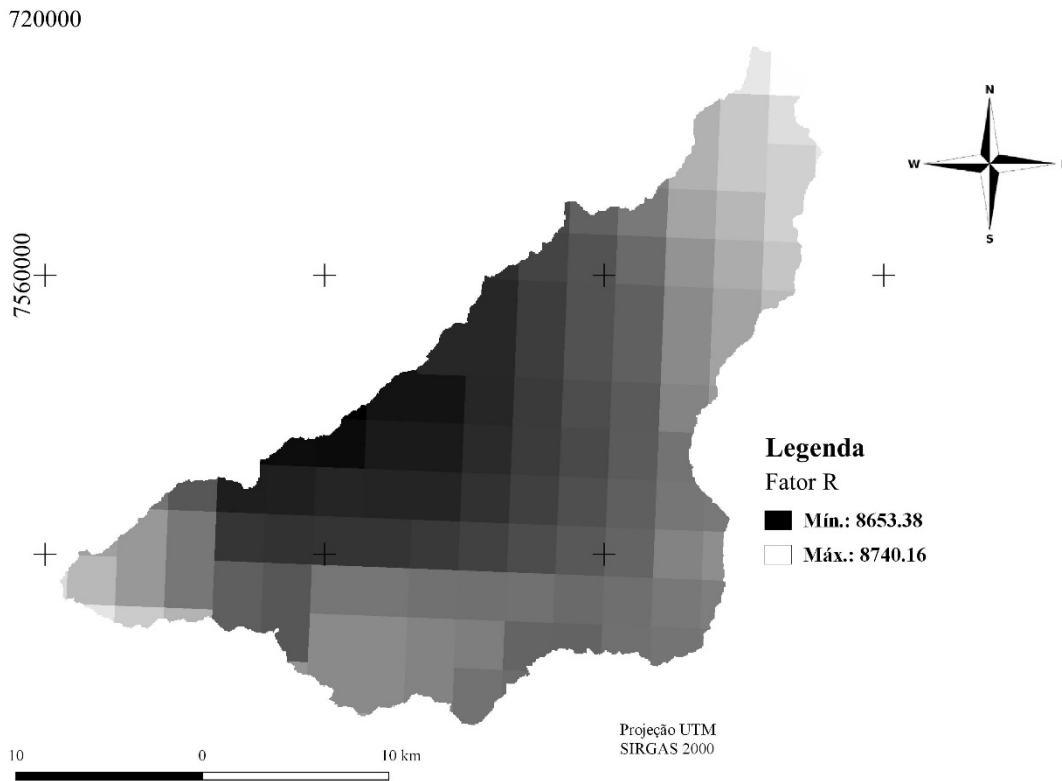


Figura 1. Carta da erosividade das chuvas para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator R.

Seguindo o padrão adotado por Carvalho (2008), toda a área estudada possui alta erosividade com valor de R entre 7357 e 9810MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Nota-se que os valores mais altos são encontrados próximo a foz da BH.

Para Oliveira et al. (2012), erosividade anual no estado de Mato Grosso do Sul está diretamente correlacionada com a latitude, sendo que os maiores valores de erosividade são encontrados nas regiões de Cassilândia, Alto Taquari, Campo Grande, Três Lagoas e Paranaíba, enquanto nas regiões de Iguatemi, Dourados, Nova Andradina e Baixo Pantanal são observados menores valores.

3.2. FATOR K- ERODIBILIDADE DO SOLO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na região da bacia do Laranja Doce encontra-se apenas um tipo de solo, Latossolo Vermelho, que possui o fator de erodibilidade de $0,12 \text{ to.ha.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ (Figura 2).

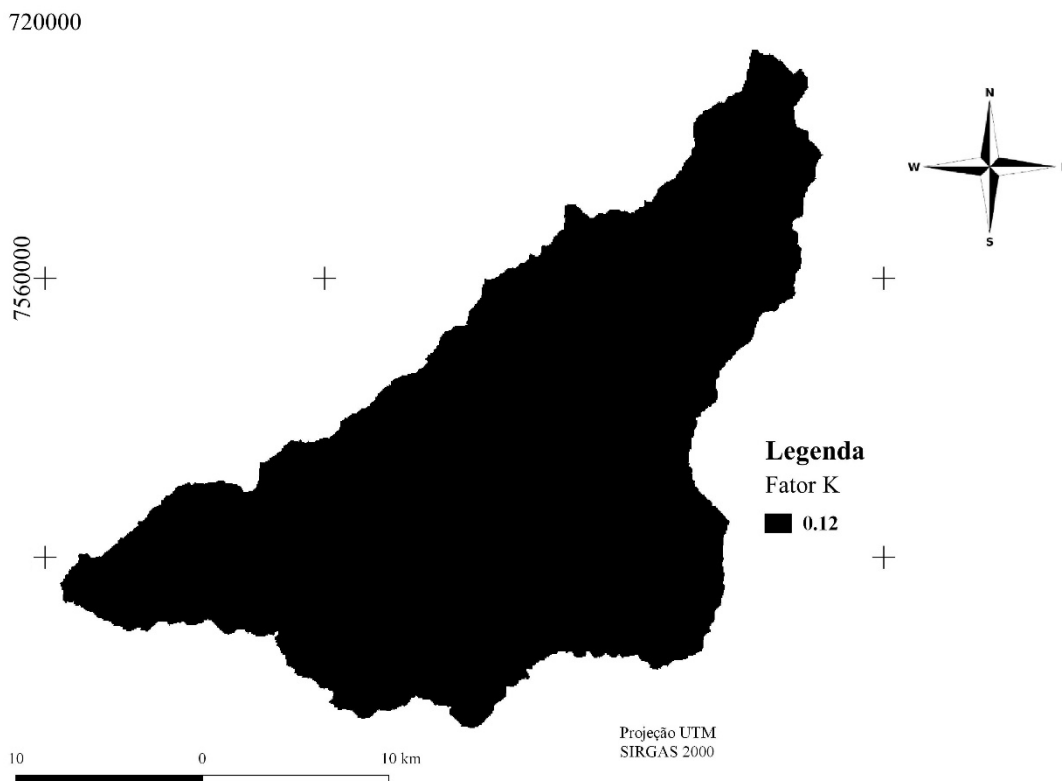


Figura 2. Carta da erodibilidade do solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator K.

Esse fator que compõem a USLE (K) representa às propriedades inerentes do solo que acarreta a maior ou menor facilidade à erosão e estão relacionadas entre demais fatores, à velocidade de infiltração, permeabilidade, capacidade de armazenamento e escoamento. Neste sentido, a variação é decorrente de cada classe de solo, mesmo que fatores como declividade, precipitação, cobertura vegetal e manejo sejam os mesmos (CEMIN et al, 2013). Os solos mais profundos e maduros são menos susceptíveis a erosão e à medida que o grau de maturidade e profundidade vai diminuindo, o grau de erodibilidade vai aumentando (DO VALLE JUNIOR et al., 2010).

Pelo fato de serem normalmente muito profundos, sendo a espessura do *solum* raramente inferior a um metro (EMBRAPA, 2013), os Latossolos apresentam boa resistência à erosão, porém, mesmo assim requerem tratos conservacionistas adequados conforme a inclinação do terreno e o tipo de uso (PARANHOS FILHO, 2000).

3.3. FATOR L S- FATOR TOPOGRÁFICO

A carta que representa o Potencial Topográfico de Erosão Hídrica Laminar, fator LS, possui valores variando de 0 a 2, com predominância de valor zero (Figura 3). Valores amenos para tal fator, contribuem para menores taxas de escoamento superficial, o que por consequência desfavorece a erosão hídrica laminar.

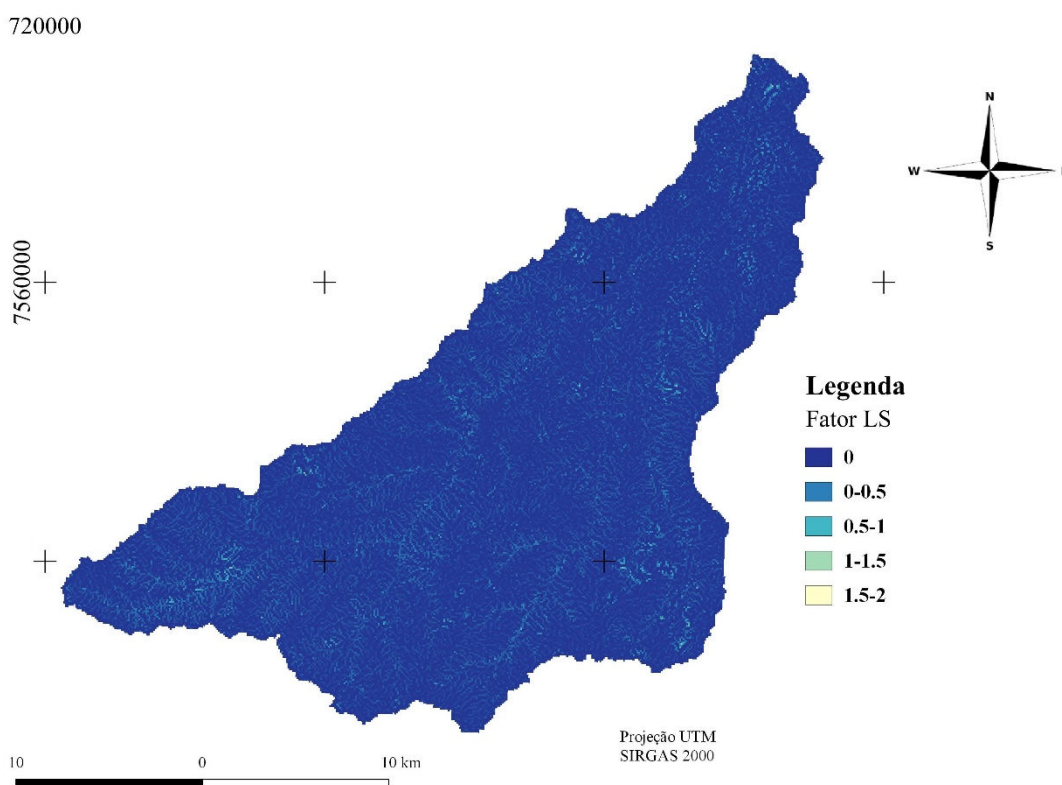


Figura 3. Carta do fator topográfico para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator LS.

Embora a bacia não tenha um relevo acentuado, o fator LS exerce influência importante no processo erosivo, mas não sendo o principal agente causador da erosão na bacia como relatado por Do Valle Junior et al. (2010).

3.4. FATOR C P- USO E MANEJO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

Na Figura 4 é possível observar a carta correspondente ao uso e manejo e práticas conservacionistas para o local em estudo.

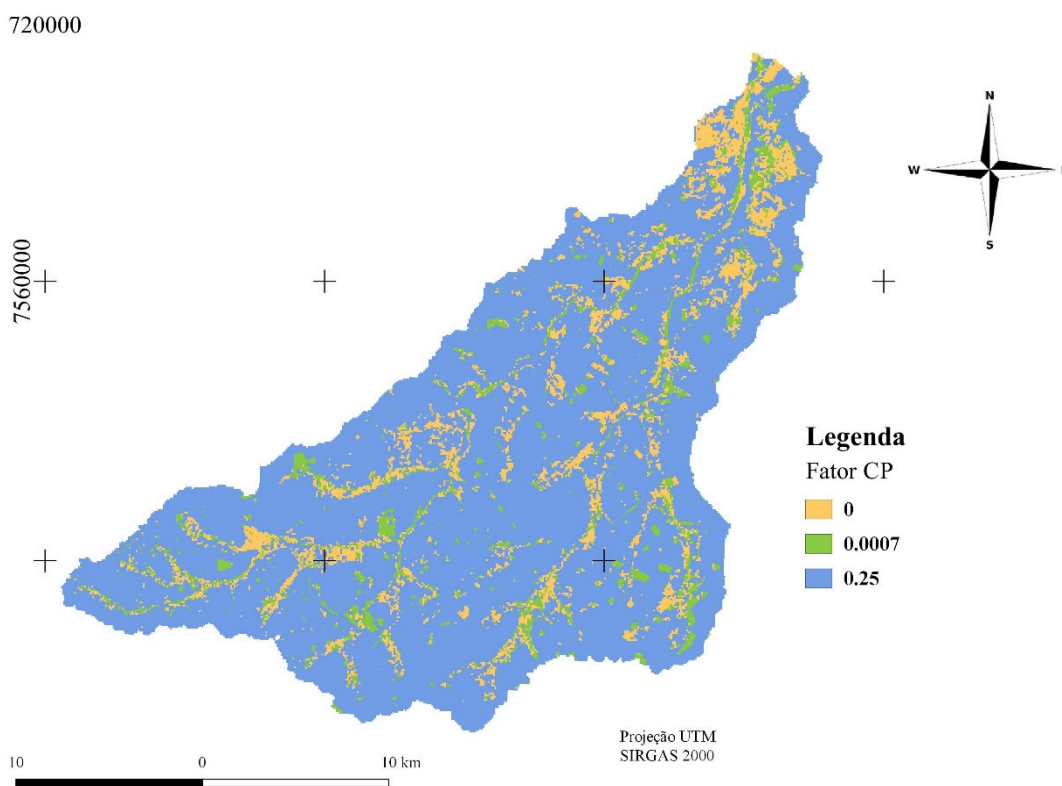


Figura 4. Carta do fator uso e manejo e práticas conservacionistas para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator LS.

Pode-se verificar na carta do fator CP, que os valores variam de 0 a 0,25, sendo que o valor zero representa corpos d'água e áreas úmidas, o valor 0,0007 está associado a áreas de cobertura vegetal mais densa e o valor mais elevado (0,25) corresponde a áreas com pouca ou nenhuma presença de cobertura vegetal, sendo representada por áreas cultiváveis, pastagens e áreas urbanas.

A presença de cobertura vegetal, bem como sua densidade, influencia diretamente no processo erosivo. Áreas desnudas ou com vegetação mais rala, tendem a sofrer mais com erosão do que áreas mais densamente cobertas, como verificado por Costa & Rodrigues (2015), que observaram que a perda de solo reduz ao passo que se aumenta a densidade de cobertura vegetal, pressupondo que a cobertura vegetal, por meio da estruturação que gera no solo e pela proteção que estabelece na superfície, garante menor suscetibilidade à erosão pelas partículas de solo.

3.5. FATOR A- ESTIMATIVA DE PERDA ANUAL DE SOLO

A partir da álgebra de mapas de todos os fatores que compõem a USLE, foi possível gerar a carta da Estimativa de Perda Anual de Solo para a bacia hidrográfica do Laranja Doce (Figura 5).

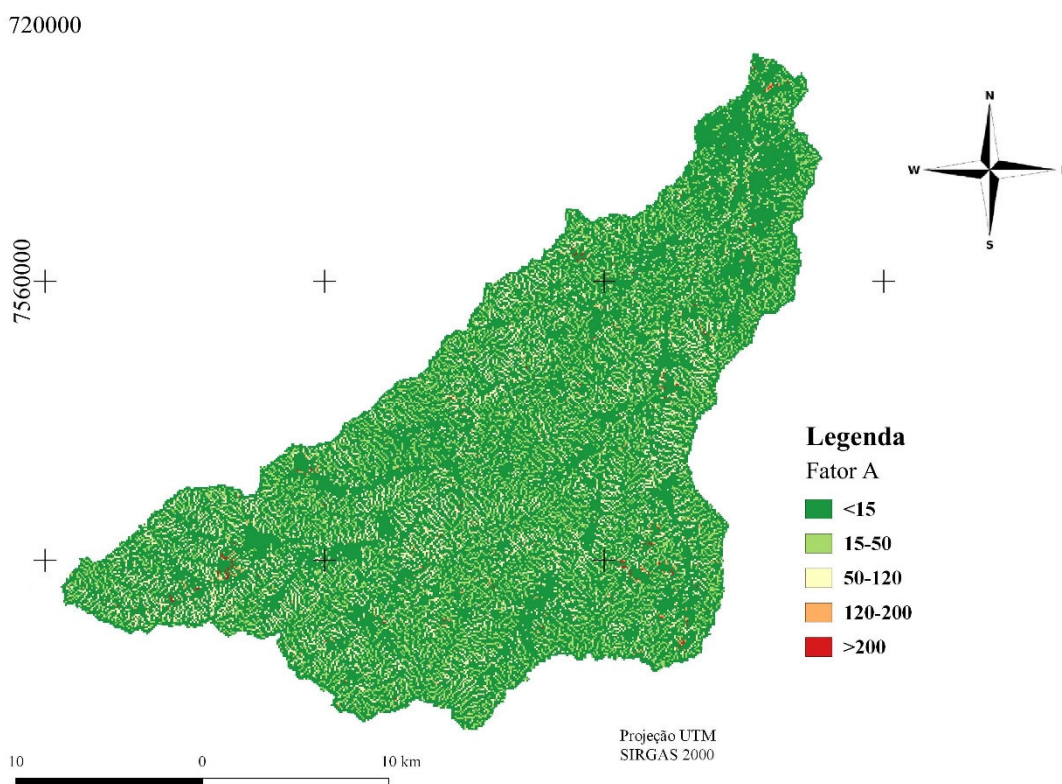


Figura 5. Carta da estimativa de perda anual de solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator A.

Os valores para a estimativa da perda anual de solo para o local em estudo, variaram entre 0 e 392 toneladas por hectare ao ano. Esses valores foram divididos em 5 classes, como proposto por Carvalho (2008), a saber: nula a moderada <15; média de 15 a 50; média a forte de 50 a 120; forte de 120 a 200; muito forte >200 ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Seguindo essa classificação, é possível verificar que algumas áreas da bacia (16,13%) apresentam perdas de nula a moderada, ou seja, perda menor que 15ton.ha⁻¹.ano⁻¹. Pode-se perceber ainda, que para maior parte da bacia hidrográfica do Laranja Doce (50,20%) a perda de solo anual é considerada média, estando entre 15 e 50ton.ha⁻¹.ano⁻¹. A perda média a forte (de 50 a 120ton.ha⁻¹.ano⁻¹), atinge 31,16% da BH, enquanto a forte perda de solo (de 120 a 200ton.ha⁻¹.ano⁻¹) afeta pequena parte da área estudada (2,06%). Há poucos e isolados pontos com perda considerada muito forte (>200ton.ha⁻¹.ano⁻¹), visto que essa condição atinge apenas 0,46% da área total da bacia. Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Barbosa et al. (2015) verificaram que a maior parte da sua área estudada, o Município de Paraíso das Águas-MS, possui erosão anual nula ou média, sendo que essas duas classes representam 97,9% do local de estudo.

A partir da análise de todos os fatores que compõem a USLE, nota-se que o fator que mais influenciou nos valores de estimativa das perdas de solo para a BH em estudo, foi o fator CP-Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas, visto que se trata de uma região bastante plana, e portanto, a declividade do terreno pouco influencia no processo erosivo local. Percebe-se que os locais que menos sofrem perdas de solo são as áreas nas proximidades dos cursos d'água e regiões de área úmida, enquanto os maiores índices de perda de solo, estão localizados em regiões antropizadas (áreas agrícolas, de pastagem e urbanas), onde por consequência, o adensamento da vegetação é menor (CEMIN et al. 2013; NERY & LIMA, 2013).

Mesmo quando a perda de solo não for forte ou muito forte, há necessidade de medidas que amenizem ou anulem tais perdas, visto que a erosão prejudica os recursos naturais, causando assoreamento e contaminação dos cursos hídricos (BRITO, 2012); perda de agregados e nutrientes do solo (SOUZA, et al., 2012; THOMAZINI et al., 2012; CASSOL et al., 2002).

4. CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do Laranja Doce possui 66,33% de sua área com baixa a média propensão à erosão laminar enquanto as áreas com forte a muito forte propensão representam apenas 2,52%.

As áreas com maior probabilidade à erosão são as que possuem maior grau de antropismo, enquanto as áreas com menor probabilidade estão associadas aos corpos hídricos e áreas úmidas.

REFERÊNCIAS

ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. C.; OLIVEIRA, P. T. S.; FLANAGAN, D. C.; NEARING, M. A. Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: a meta-analysis of the Brazilian experience. **Catena**. v. 152, p. 29-39, 2017.

ANTUNES, C. R.; COUTINHO, M. A. O factor de coberto vegetal, para árvores e arbustos, em modelos de erosão hídrica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. XXXIV, n. 2, p. 234-242, 2011.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em *Softwares Livres e Gratuitos*. **Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ**, v. 38, n. 1, p. 170-179, 2015.

BRITO, A. O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 2008.

CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI, M. P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 705-712, 2002.

CEMIN, G.; PÉRICO, E.; SCHNEIDER, V. E.; FINOTTI, A. R. Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do arroio Marrecas, RS, Brasil. **Scientia Plena**, v. 9, n. 1, 2013.

COSTA, K. V. M.; BARRETO, A. C.; FONTENELE, S. B.; MENDONÇA, L. A. R. Estimativa de perda de solo distribuída em uma bacia hidrográfica de pequeno porte através de técnicas de geoprocessamento. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de cerrado. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 61-75, 2015.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Solos e Nutrição de Plantas**, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.

DO VALLE JUNIOR, R. F.; GALBIATTI, J. A.; MARTNS FILHO, M. V.; PISSARRA, T. C. T. Potencial de erosão da bacia do rio Uberaba. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 30, n. 5, p. 897-908, 2010.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 331-337, 2011.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Produção de Informações. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 3 ed. 2013, 353p.

ESRI Inc. - ARC / INFO version 7.11. Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1997, 1 CD ROM.

FAIZ, S.; MAHMOUDI, K. **Geographic Information Systems Applications and Advancements**. IGI Global, USA, 2016.

GLCF - Global Land Cover Facility. Catálogo SRTM 2000. Órbita/Ponto Órbita/Ponto224/75. Disponível em: <<http://glcfapp.glc.f.umd.edu/data/srtm/>>. Acessado em 20 jan. 2016.

GOEBES, P.; SEITZ, S.; GEIBLER, C.; LASSU, T.; PETERS, P.; SEEGER, M.; NADROWSKI, K.; SCHOLTEN, T. Momentum or kinetic energy - How do substrate properties influence the calculation of rainfall erosivity? **Journal of Hydrology**. v. 517, n. 19, p. 310-316, 2014.

GURGEL, R. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CÂMARA, J. F. A.; SOBRINHO, D. A.; MARTINS, E. S.; REATTO, A. Identificação das áreas susceptíveis à erosão a partir do emprego da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos em Riachão das Neves – BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**. v. 15, n. 3, p. 93-112, 2011.

GVSIG- OAD- Oxford Archaeology Digital Edition 1.10, 2010.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso 08 mai. 2016.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S.; CAITANO, R. F.; CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agroambiente**, v. 5, n. 2, p. 88-96, 2011.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L. F.; BUENO A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, suplemento, p. 975-983, 2009.

MCCOOL, D.K.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C.K.; MEYER, L.D. Revised slope length factor for the universal soil loss equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 32, n. 5, p. 1571-1576, 1989.

MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 315-322, 2006.

NERY, C. V. M.; LIMA, F. A. Uso do Geoprocessamento na determinação das perdas de solo por erosão laminar na Bacia Hidrográfica do Córrego Canabrava. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

OLIVEIRA, J.S. **Avaliação de modelos de elevação na estimativa de perda de solos em ambiente SIG**. Dissertação. Mestrado em Ciências, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, SP, 2012.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES, S. T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**, v. 25, p. 1021-1036, 2011.

OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B.; ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D.F.; PANACHUKI, E. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 69-79, 2012.

PARANHOS FILHO, A.C. **Análise geo-ambientalmultitemporal**: o estudo de caso da região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS – Brasil). Tese. Doutorado em Geologia, Universidade Federal do Paraná, PR, 2000.

PINTO, S.A.F.; GARCIA, G.J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise e modelos de Bacias Hidrográficas.**Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 30-37, 2005.

PROSDOCIMI M, CERDÀ A, TAROLLI P. SoilwatererosiononMediterraneanvineyards: a review. **Catena**. v. 141, p. 1-21, 2016.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 2.14.16 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016.

RORIZ, J. O. S.; AOKI, A. I.; SOUZA, L. C. D.; AVELINO, M. C. G. S.; FONZAR, G. M. B. Uso da equação USLE em SIG na identificação e quantificação de erosão laminar. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 13, n. 1, 2016.

RAN, Q.; SU, D.; LI, P.; HE, Z. Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion. **JournalofHydrology**. v. 424-425, n. 6, p. 99-111, 2012.

SOUSA, G. B.; MARTINS FILHO, M. V.; MATIAS, S. S. R. Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em Guariba - SP. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 32, n. 3, p. 490-500, 2012.

STEIN, D.P.; DONZELLI, P.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar natural e antrópica na bacia do Peixe-Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, ABGE, Marília,SP, 1987.

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A.; MANDONÇA, E. S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 150-159, 2012.

USGS- United States Geological Survey. Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso 25 nov. 2016.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predictingrainfallerosionlosses; a
guidetoconservationplanning. Washington: U.S. DepartmentofAgriculture,
(AgricultureHandbook n. 537, 58p., 1978.

CAPÍTULO 5 -CARTA DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO LARANJA DOCE, EM DOURADOS/MS, COM BASE NO FATOR A E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE

RESUMO

A ocupação e o uso inadequado do solo ocasionam uma intensa degradação dos recursos naturais, o que torna necessária a intervenção com a adoção de práticas de recuperação ambiental. No entanto, a execução de tais práticas de forma simultânea para todas as áreas encontra uma limitação na prática, devido ao custo econômico elevado e à limitada capacidade de execução. Diante disso, ferramentas de estudos e o planejamento que apontem áreas prioritárias para a recuperação tornam-se instrumentos essenciais para auxiliar a tomada de decisão na escolha das áreas e correta destinação de recursos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer um novo modelo para determinação de áreas prioritárias para a recuperação para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na porção sul do estado de MS, com o auxílio de ferramentas de Geotecnologia, baseando-se na Equação Universal da Perda de Solos (USLE) e na Temperatura de Superfície Terrestre (TST). O modelo proposto, mostrou-se eficiente e apontou que 9,95% da área total da bacia possui alta prioridade para recuperação ambiental, enquanto para média e baixa prioridade, apresentaram o total de 55,28% e 34,77% respectivamente. A quantidade de elementos utilizados para a indicação desses índices, aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos, o que leva a indicação do uso do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação (IAP) como ferramenta auxiliar na escolha de áreas a serem recuperadas.

PALAVRAS-CHAVE: índice de áreas prioritárias; USLE; TST.

ABSTRACT

The misuse and land combined with inappropriate practices, cause an intense degradation of natural resources, which makes necessary the intervention with the adoption of practices of environmental recovery. However, the implementation of such practices simultaneously to all areas is a limitation in practice, due to the high economic cost and the limited implementation capacity. Given this, studies and planning tools that target priority areas for the recovery become essential tools to assist decision-making in the choice of areas and correct allocation of resources. In this context, the present study aims to establish a new model for determination of priority areas for the recovery for the watershed of the Laranja Doce Stream, located in the southern portion of the State of MS, with the aid of geotechnology tools, based on the Universal Soil Loss Equation (USLE) and temperature of Terrestrial Surface (TST). The proposed model was efficient and pointed out that 9,95% of the total area of the basin has high priority for environmental recovery, while for medium and low priority, presented the 55,28% and total 34,77% respectively. The number of elements used for the indication of these indices, increases the reliability of the results obtained, the indication of the use of the priority areas for recovery (IAP) as a tool to assist in the choice of areas to be retrieved.

KEY-WORDS: index of priority areas; free software; reclassification.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura da superfície terrestre (TST) está relacionada à energia superficial e ao balanço hídrico, com importância principal para uma ampla variedade de aplicações, como mudanças climáticas, clima urbano, ciclo hidrológico e monitoramento de vegetação (ROZENSTEIN et al., 2014). A TST é determinante dentre os fatores que condicionam o ambiente propício aos animais, plantas e seres humanos, influenciando as atividades agropecuárias, agindo no desenvolvimento de plantas e em processos físicos, químicos e biológicos (FERREIRA, 2005).

A TST pode fornecer importantes informações sobre as propriedades físicas do clima local, que desempenha um importante papel em muitos processos ambientais, incluindo desenvolvimento da vegetação e, por consequência, nos processos erosivos (ALMEIDA et al., 2015).

A temperatura exerce função muito importante na sobrevivência das plantas por estar diretamente ligada ao seu crescimento e desenvolvimento. Ela influi no metabolismo, além disso, todos os outros fatores climáticos estão relacionados direta ou indiretamente com a temperatura (MARTINS et al., 1994).

O desenvolvimento e a qualidade das plantas é de suma importância, visto que ao passo que se aumenta a densidade de cobertura vegetal, se reduz a perda de solo, o que permite presumir que a cobertura vegetal, por meio da estruturação que gera no solo e pela proteção que estabelece na superfície, garante menor suscetibilidade à erosão pelas partículas de solo (COSTA & RODRIGUES, 2015).

O controle e a prevenção da erosão podem ser feitos com a adoção de práticas conservacionistas, que utilizam mapas de risco da ocorrência do fenômeno (FAIZ & MAHMOUDI, 2016; BARBOSA et al., 2015), como a *Universal Soil Loss Equation* (USLE), proposta por Wischmeier & Smith (1978), que representa um importante instrumento de investigação qualitativa sobre o processo erosivo, pois leva em consideração o conjunto de fatores responsáveis pelas perdas de solos, composto de fatores antrópicos e as características e propriedades dos fatores ambientais, o que inclui a

presença de vegetação (BARBOSA et al., 2015; ELTZ et al., 2011; MAZURANA et al., 2009; MELLO et al., 2006).

Outro fator que reforça a importância da presença de vegetação, especialmente de mata nativa, é de que a remoção da vegetação nativa e a utilização agrícola reduzem os teores de carbono orgânico no solo (FREITAS et al., 2015) o que conseqüentemente diminui sua matéria orgânica e fertilidade. A presença de vegetais e seus resíduos pode favorecer a comunidade microbiana do solo que são componentes importantes, pois muitas das propriedades dos solos são decorrentes da atividade biológica (MIRANDA, 2008).

O solo possui muitas enzimas, necessárias para a decomposição da matéria orgânica. Para a maior parte das bactérias ali presentes, a atividade enzimática se encontra na faixa ótima entre 25 e 32°C (PRIMAVESI, 2002). Porém em temperaturas mais elevadas, a macrofauna é afetada rapidamente, de modo que a manutenção da cobertura sobre o solo e do sombreamento asseguram maior atividade biológica no solo (NICODEMO, 2009).

Outros organismos importantes para a qualidade do solo são as bactérias nitrificantes, sendo que a faixa de temperatura ótima para que elas realizem a nitrificação ocorre entre 30 e 35°C, diminuindo à medida que se aproxima dos extremos 5°C e 40°C (ALEXANDER, 1980).

Diante o exposto, fica evidente a relação direta entre a temperatura e a vegetação e a dependência de uma para com a outra para a conservação do solo e manutenção do clima, o que leva analisar e averiguar áreas que possuam deficiência em sua mata ciliar.

Levando em consideração tais evidências, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer um novo modelo para a determinação de áreas prioritárias para a recuperação para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na porção sul do estado de MS, com o auxílio de ferramentas de Geotecnologia, baseando-se na USLE e na TST.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

Para a estimativa da erosão hídrica laminar foram utilizados o modelo digital de superfície (MDS) SRTM (*Shuttle Radar TopographMission*) (GLCF, 2000) e imagens do satélite Sentinel-2/MSI, com data de passagem em 29 de maio de 2018, obtida através *Earth Explorer* (USGS, 2018). Já para a carta de temperatura de superfície foi utilizada apenas a banda 10 do satélite Landsat 8 TM (USGS, 2018), com data de passagem em 06 de fevereiro de 2018.

Também foram utilizados arquivos vetoriais em formato *shapefile* (ESRI, 1997) do limite político administrativo e da carta de solos do Estado de Mato Grosso do Sul, os quais foram obtidos no Sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Para todas as etapas do trabalho foram utilizados *softwares* livres e gratuitos como o gvSIG versão OADE (2010) e o QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016).

2.2. EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLOS

A USLE ou *Universal SoilLossEquation* (Equação Universal da Perda de Solos) foi desenvolvida por Wischmeier & Smith (1978) para determinar perdas do solo por erosão laminar e em sulco em pequenas parcelas agrícolas e para longo período de tempo.

Os componentes da USLE são agrupados em seis fatores, que auxiliam no entendimento da atuação dos processos de erosão e em diferentes níveis de susceptibilidade. O produto dos fatores representa a média anual de perdas de solo (A) que é dada pela seguinte equação:

$$A = R.K.L.S.C.P \text{ Equação (1)}$$

Onde:

A = perda média anual de solo por unidade de área ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

R = erosividade da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

$K = \text{erodibilidade do solo}(\text{ton.ha.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1});$

$L = \text{comprimento da vertente};$

$S = \text{declividade da vertente};$

$C = \text{uso e manejo do solo e}$

$P = \text{práticas conservacionistas.}$

Após a obtenção de todos os fatores componentes da USLE, com o auxílio da ferramenta calculadora *raster* inserida no QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016), realizou-se a álgebra de mapas da Equação 1. O produto gerado, refere-se ao mapa da estimativa de perda de solo por erosão hídrica laminar, o fator A da equação USLE (Figura 1).

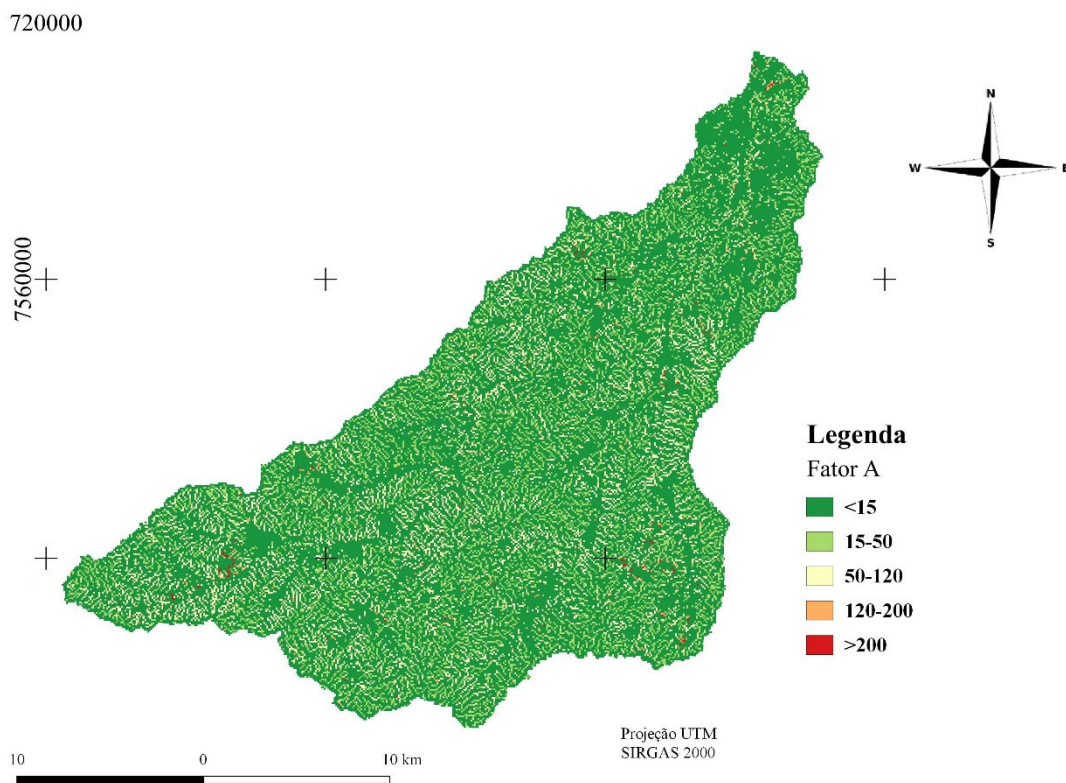


Figura 1. Carta da estimativa de perda anual de solo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

2.3. TST

Para obtenção dos dados de temperatura da superfície utilizou-se a banda 10, correspondente ao Infravermelho Termal do Landsat 8.

O processamento e tratamento da imagem, foi realizado com o auxílio da calculadora *raster*, inserida no *software* QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016), para conversão dos *Digital Number* (DN) para valores em refletância do topo da atmosfera (TOA) (Equação 2), seguido da conversão da refletância para temperatura em Kelvin (Equação 3) onde o resultado é convertido para Celsius (Equação 4) por meio das equações cedidas pelo Serviço Geológico Americano (USGS).

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

L_{λ} = Radiância espectral do sensor ($W \cdot (m^2 \cdot sr \cdot \mu m)^{-1}$).

M_L = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 ($3.3420E-04$).

A_L = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 (0.10000).

Q_{cal} = Valor do pixel em DN (Banda 10).

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K).

L_{λ} = Radiância espectral do sensor ($W \cdot (m^2 \cdot sr \cdot \mu m)^{-1}$).

$K1$ = Constante de calibração 1 (774.89 K).

$K2$ = Constante de calibração 2 (1.321.08 K).

$$T_{\text{C}} = T_{\text{K}} - 273.15 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

T_{C} = Temperatura da superfície terrestre em °C.

T_{K} = Temperatura da superfície terrestre em K.

As imagens de temperatura de superfície foram classificadas e foi aplicada uma escala cromática de pseudocor às imagens resultantes, com o intuito de melhor identificar o comportamento da temperatura dos alvos na imagem (Figura 2).

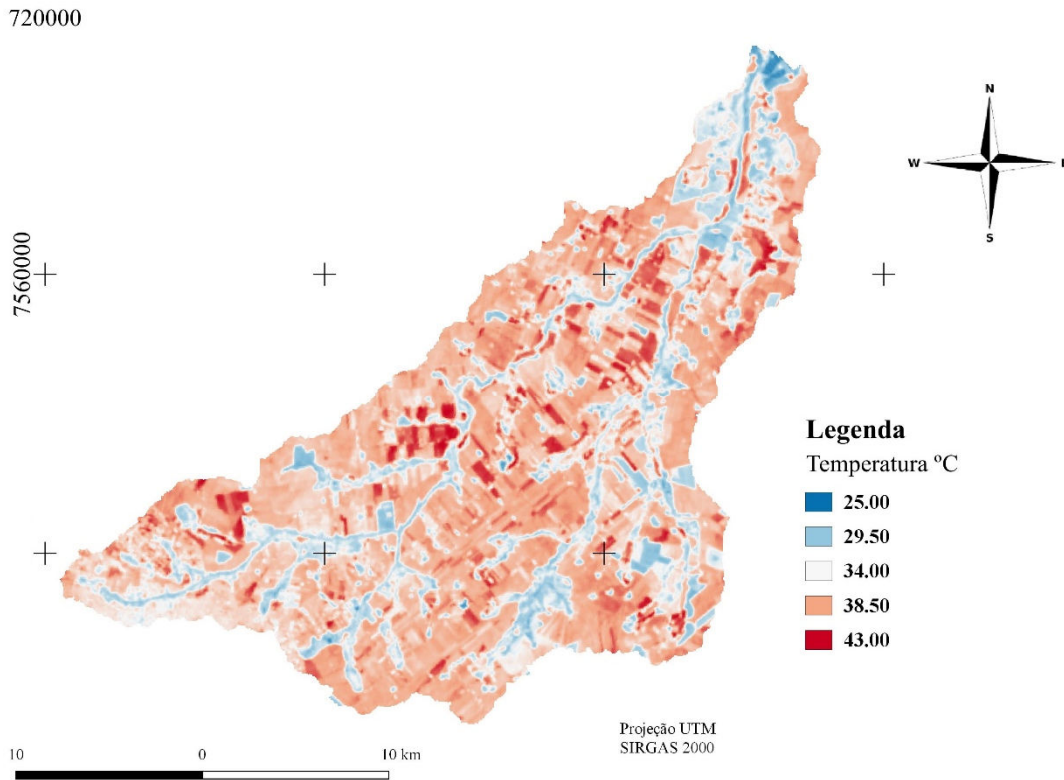


Figura 2. Carta de Temperatura da Superfície Terrestre para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

2.4. RECLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS

As cartas de temperatura da superfície terrestre e da estimativa da perda anual de solo foram reclassificadas por meio do plugin *r.reclass* inserido no pacote de algoritmos GRASS, instalado no QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016).

Em função da quantidade de solo perdida ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) foram atribuídos pesos de 1 a 3, adaptada à divisão proposta por Carvalho (2008) (Tabela 1), onde 1 caracteriza áreas com maior perda de solo e 3 áreas com menor perda de solo.

Tabela 1. Pesos atribuídos à perda anual de solos

Perda de solo (ton.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Peso	Nível de Prioridade
0-50	3	Baixo
50-120	2	Médio
>120	1	Alto

O critério para atribuição dos pesos para a carta da temperatura da superfície se deu em função da faixa ótima para atividade enzimática da maior parte das bactérias presentes no solo, entre 25 e 35°C (PRIMAVESI, 2002; ALEXANDER, 1980), onde 1 caracteriza áreas com temperaturas mais elevadas, considerada crítica para algumas importantes funções bactericidas no solo (ALEXANDER, 1980) e 3, áreas com temperatura de 25 a 35°C (Tabela 2).

Tabela 2. Pesos atribuídos à temperatura de superfície

Temperatura de superfície (°C)	Peso	Nível de Prioridade
25-35	3	Baixo
1-25	2	Médio
>35	1	Alto

2.5. CARTA DO ÍNDICE DE ÁREAS PRIORITÁRIAS

As cartas produzidas após a reclassificação, com o auxílio da ferramenta calculadora *raster* inserida no QGIS 2.14.16 (QGIS Development Team, 2016), foram submetidas a Álgebra de Mapas, que consiste no conjunto de operadores que manipulam campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno) (BARBOSA, 1997) (Equação 5). O produto gerado, refere-se a Carta do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação (IAP).

$$IAP = \frac{(T_c \cdot 2) + USLE}{3}$$

Onde:

IAP= Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação.

T_c = Temperatura da superfície terrestre em °C.

USLE= Estimativa de perda de solo por erosão hídrica laminar em $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.

2.6. VALIDAÇÃO DOS DADOS

Após a elaboração da Carta do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, efetuou-se a pré-seleção de três regiões para cada nível de índice de prioridade de recuperação, para vistoria *in loco* de forma a avaliar a situação real destas áreas e se as mesmas coincidem com o nível de prioridade gerado a partir da álgebra de mapas.

As áreas pré-estabelecidas foram visitadas e devidamente fotografadas no dia 03 de julho de 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RECLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS

Após a atribuição de pesos obteve-se a carta do índice de prioridade com base na USLE em 3 diferentes níveis (Figura 3).

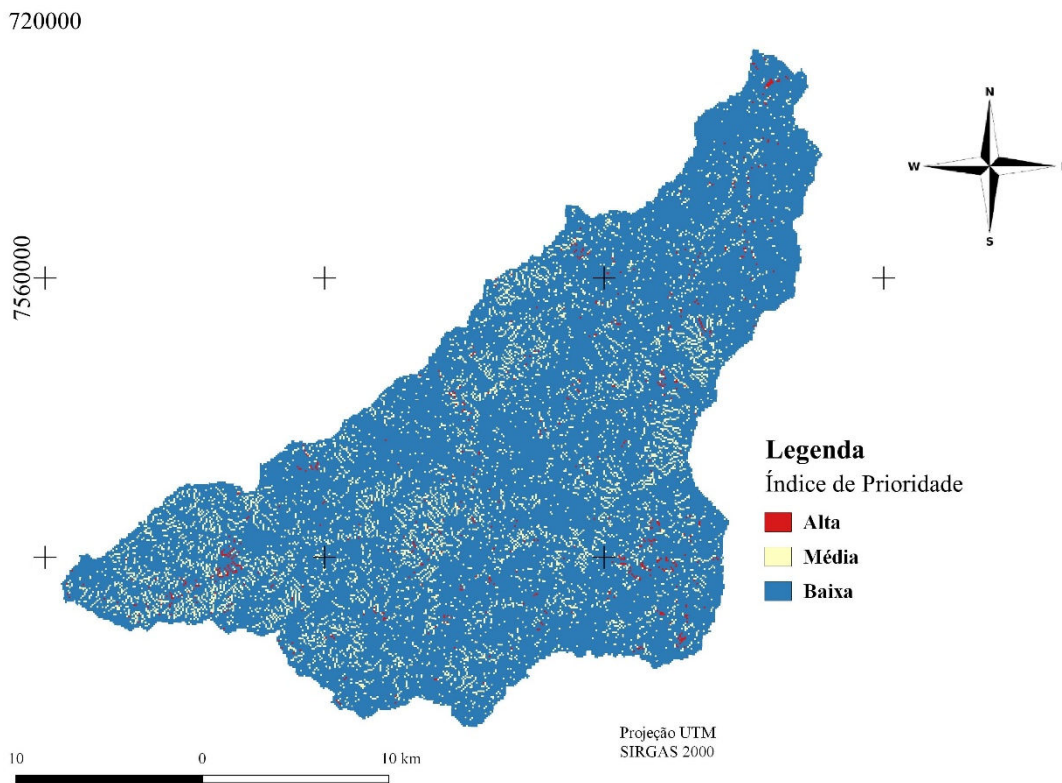


Figura 3. Carta do índice de prioridade com base na USLE para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

É notável que a maior parte da bacia hidrográfica possui baixo índice de prioridade com base na carta do índice de prioridade com base na USLE. Há poucos e isolados pontos com alta prioridade para recuperação. Apesar da USLE ser uma ferramenta muito útil em escalas regionais para estudos qualitativos sobre erosão hídrica laminar, fornecendo uma estimativa da espacialização de áreas com maior ou menor susceptibilidade erosiva (BARBOSA et al., 2015), baseando-se apenas nessa carta, seria possível afirmar que a bacia hidrográfica do presente estudo, não necessita de intervenção para recuperação, visto que para quase toda a bacia os índices de prioridade não ultrapassam o nível de média prioridade.

Dessa forma, poderia ocorrer uma errônea avaliação de áreas prioritárias para recuperação, pois a USLE é muito influenciada pelo relevo do terreno, apresentando maior prioridade para regiões com maior declividade, o que pode levar a indicações de regiões, que mesmo completamente desvegetadas não serem prioritárias para recuperação, simplesmente por serem planas.

Já na Figura 4, encontra-se a carta do índice de prioridade com base na TST em 3 níveis de índice de prioridade.

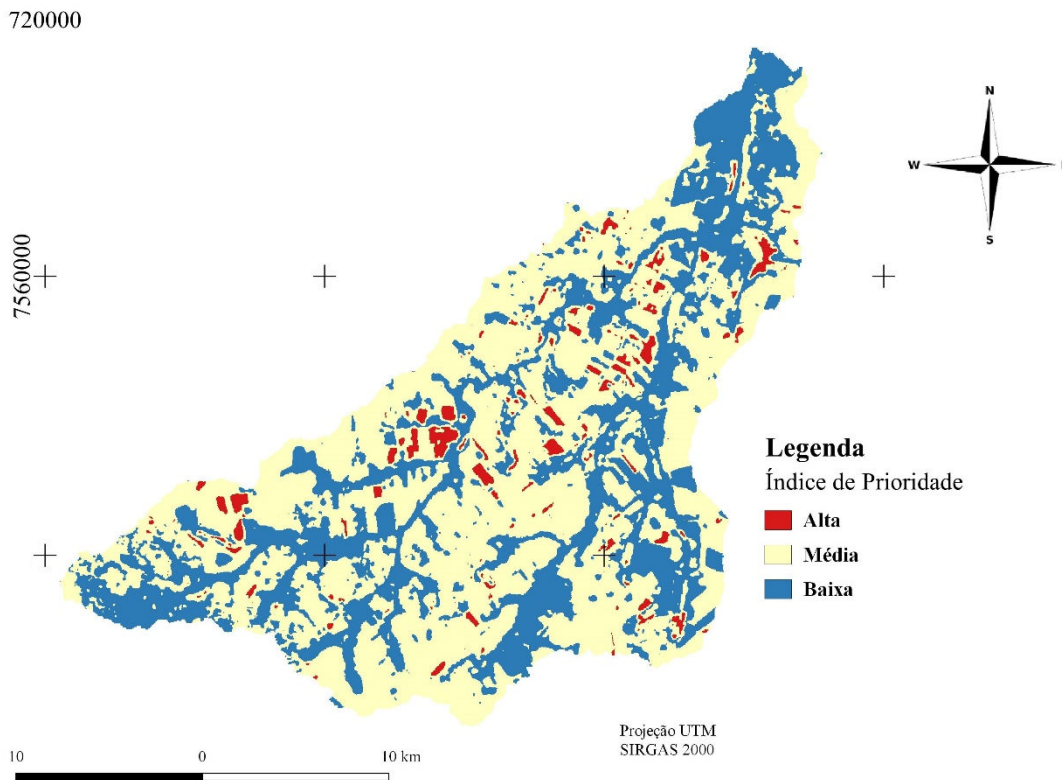


Figura 4. Carta do índice de prioridade com base na TST para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

A carta indica que as áreas com baixa prioridade, estão associadas ao entorno da mata ciliar e dos cursos de drenagem. Há alguns pontos bem evidenciados na carta com alto índice de prioridade. Tais áreas estão distribuídas ao longo da bacia, ocupando em sua maior parte, áreas de uso agrícola.

Isso se deve ao fato da temperatura da superfície, assim como a temperatura do solo, estarem diretamente ligadas à incidência de raios solares (BISCARO, 2007), o que reforça a coerência dos resultados obtidos, uma vez que áreas com menores temperaturas estão associadas a áreas com maior índice de vegetação (ZOLIN et al., 2018, no prelo).

A temperatura ainda, é fator relevante na fertilidade e atividade microbiana do solo (FREITAS et al., 2015; NICODEMO, 2009) e desempenha um importante papel em

muitos processos ambientais, incluindo desenvolvimento da vegetação e por consequência nos processos erosivos (ALMEIDA et al., 2015).

Tais fatos mostram uma ligação entre a USLE e a TST na determinação de áreas com maior necessidade para recuperação, pois áreas que sofrem erosão, mesmo que mínima, aliado à alta incidência de raios solares, e incremento da temperatura de superfície, podem a longo prazo, criar condições abióticas não-propícias à germinação de sementes, dificultando o processo de regeneração natural (ALVES & METZGER, 2006).

Por conta deste cenário, a proposição do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação, com base na USLE e TST, ganha relevância, em especial em regiões com predominância de relevo plano a suavemente ondulado, como no caso da bacia hidrográfica do Laranja Doce.

3.2. ÍNDICE DE ÁREAS PRIORITÁRIA PARA RECUPERAÇÃO-IAP

Como um parâmetro isolado não é suficiente para atestar a necessidade de uma intervenção de recuperação, a álgebra de mapas, por meio da criação de uma carta (Figura 5), permitiu a evidenciação de áreas mais fragilizadas, que levou em consideração por meio da USLE, a perda de solos anual; a erosividade da chuva; a erodibilidade do solo; o comprimento da vertente; a declividade da vertente; o uso e manejo do solo e práticas conservacionistas, além da temperatura de superfície terrestre.

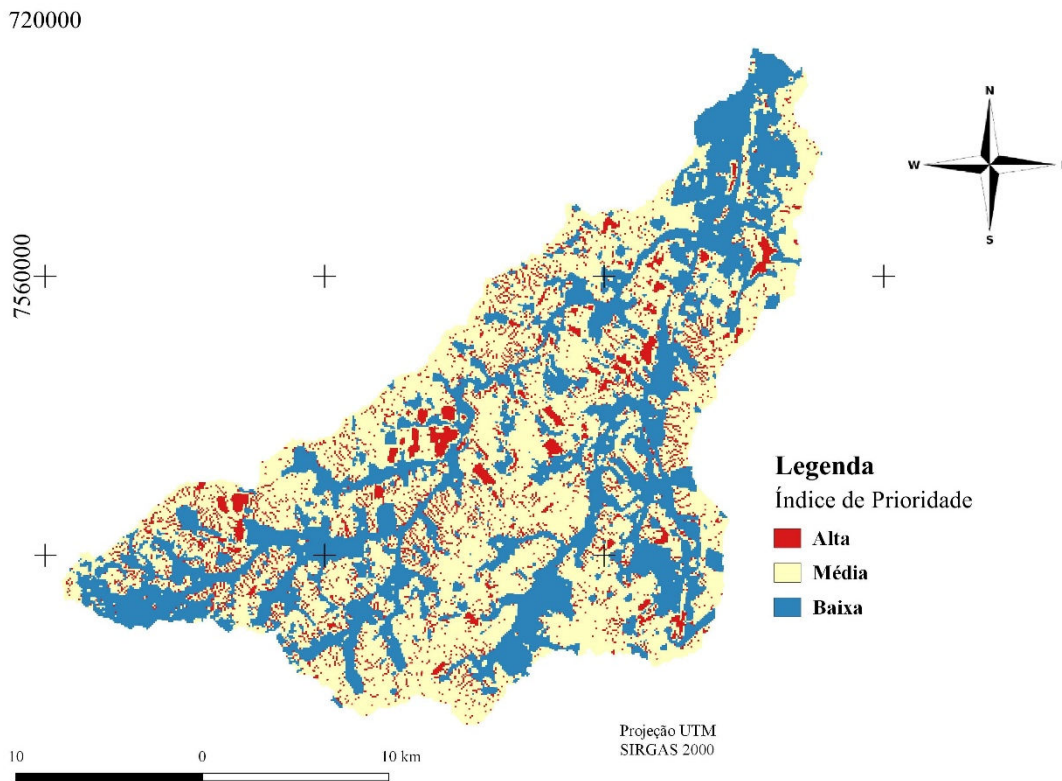


Figura 5. Cartado índice de áreas prioritárias para recuperação para a Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

A partir da análise da carta do IAP, é notável que a maior parte da bacia possui média prioridade para recuperação (55,28%). É possível perceber ainda, grande área, 219,49 Km², com baixa prioridade de recuperação (34,77%), sendo essas áreas, em grande maioria, associadas aos cursos d'água e sua mata ciliar. As regiões que apresentaram alta prioridade de recuperação, somam um total de 62,83 Km² (9,95%) que podem ser visualizadas ao longo do perímetro da bacia hidrográfica.

Pode-se verificar que as áreas com baixa prioridade de recuperação, coincidem com áreas indicadas tanto na carta de perda de solos, quanto na carta de temperatura (Figura 6), o que permite uma alta confiabilidade no resultado obtido.

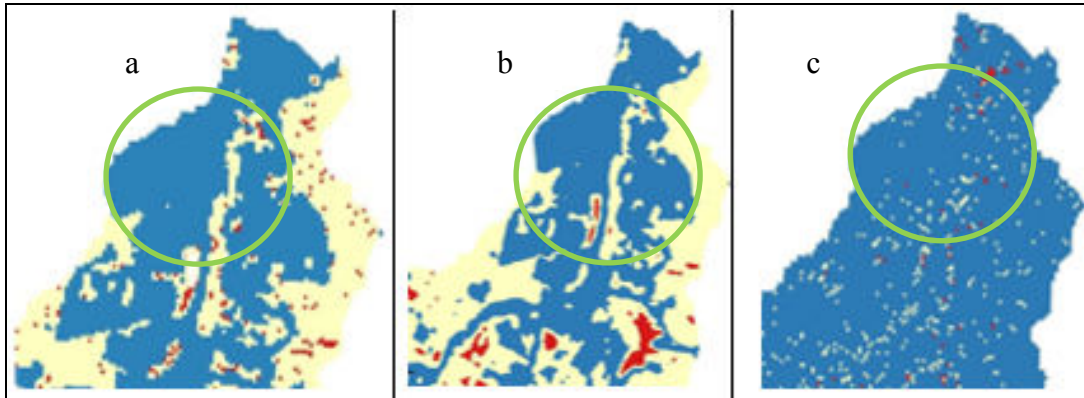


Figura 6. Zoom para as áreas com nível de prioridade baixa para recuperação em comum para as três cartas: (a) carta do índice de prioridade levando em consideração TST e USLE; (b) carta do índice de prioridade baseada apenas na TST e (c) carta do índice de prioridade baseada apenas na USLE.

Ao mesmo tempo que a carta proposta ressalta locais mais preservados, ela evidencia locais com maior fragilidade, que analisados isoladamente somente pela TST ou pela USLE, não apresentaram alta prioridade para recuperação (Figura 7).

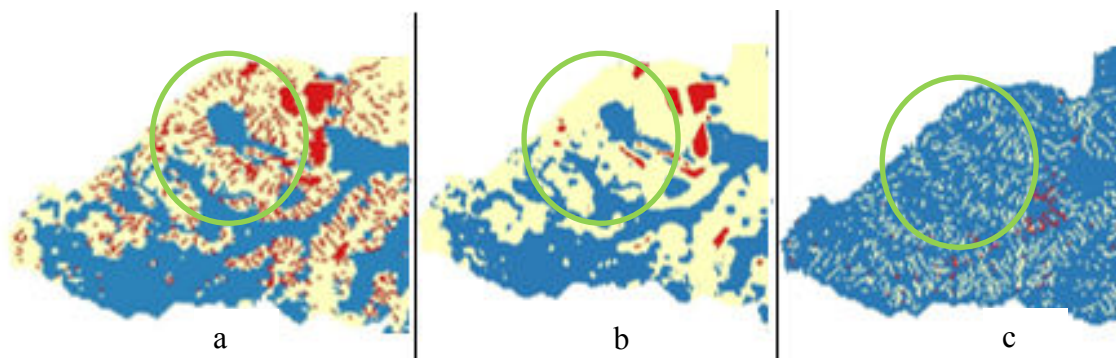


Figura 7. Zoom para as áreas com nível de prioridade alta para recuperação pelo índice proposto (a); (b) carta do índice de prioridade baseada apenas na TST, onde na área em destaque, aparecem poucos locais com alta prioridade para recuperação; (c) carta do índice de prioridade baseada apenas na USLE onde na área em destaque, aparece maioritariamente locais com baixa a média prioridade para recuperação.

A partir da análise das figuras, percebe-se a TST como fator determinante para a indicação de áreas prioritárias para recuperação. Porém quando combinada com a USLE, há a evidência de tais áreas.

3.3. VALIDAÇÃO DOS DADOS

A partir das visitas a campo, pode-se comprovar a eficiência do modelo proposto. A Figura 8 mostra os pontos onde foram feitos os registros fotográficos da validação dos dados.

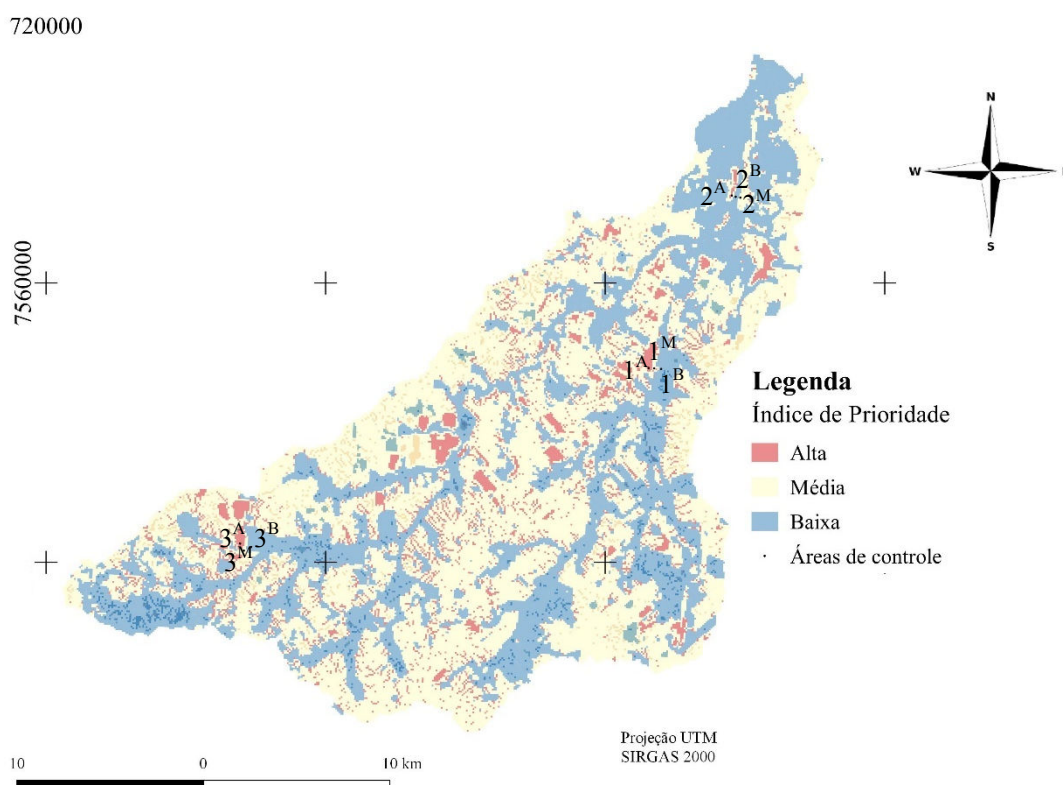


Figura 8. Carta do IAP com os pontos dos registros fotográficos para a validação dos dados.

Nota-se que áreas indicadas como de alta prioridade para recuperação tratam-se em grande maioria de áreas de uso agrícola, com uso de culturas temporárias, apresentando solo exposto nos períodos entressafras e com susceptibilidade considerável à erosão devido ao constante manejo (Figura 9).



Figura 9. Áreas de controle para áreas com alta prioridade para recuperação para três diferentes áreas.

Já áreas de média prioridade para recuperação correspondem a áreas de capoeira com presença de gramíneas e vegetação lenhosa rala (Figura 10).

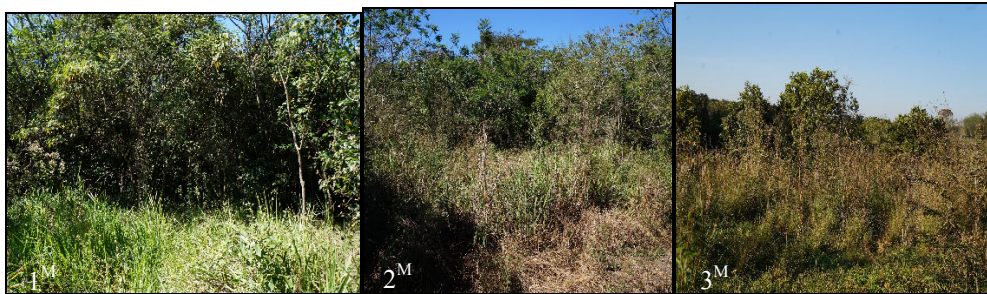


Figura 10. Áreas de controle para áreas com média prioridade para recuperação para três diferentes áreas.

As áreas que apresentaram baixa prioridade para recuperação compreendem áreas mais preservadas. Após averiguação em campo, constatou-se que são regiões com vegetação mais densa ou próximas a cursos d'água (Figura 11).



Figura 11. Áreas de controle para áreas com baixa prioridade para recuperação para três diferentes áreas.

Através da análise da Tabela 3, fica mais evidente a importância da combinação entre a TST e a USLE.

Tabela 3. Área em Km² e % para cada nível de prioridade para as três cartas geradas.

Nível de Prioridade	TST		USLE		IAP	
	Área (Km ²)	Área (%)	Área (Km ²)	Área (%)	Área (Km ²)	Área (%)
Alto	18,78	2,98	4,97	0,79	62,83	9,95
Médio	393,55	62,33	62,42	9,88	349,03	55,28
Baixo	219,02	34,69	563,96	89,33	219,49	34,77

Percebe-se um considerável acréscimo das áreas com alto nível de prioridade para recuperação na combinação das duas cartas quando comparado às cartas isoladas, o que faz crer que a carta de índice de prioridade para recuperação mostra com mais precisão áreas impactadas, mostrando que a metodologia utilizada, pode ser aplicada para estudos com essa finalidade.

A partir da análise dos resultados obtidos pelo índice proposto, com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento e do levantamento realizado em campo, pode-se afirmar que o modelo foi eficiente, visto que as áreas apontadas na carta do índice de prioridade são correspondentes com as áreas averiguadas em campo.

Outros modelos também propõem áreas prioritárias para recuperação, porém nenhum leva a temperatura de superfície em consideração. Como no trabalho realizado por Nossack et al. (2014) que, com auxílio de SIG, determinou áreas prioritárias para recomposição, utilizando como critérios a proximidade quanto à localização das nascentes e córregos, proximidade quanto aos processos erosivos, proximidade dos fragmentos florestais existentes e as áreas de maior declividade do terreno.

Outros autores, de forma semelhante, também utilizaram ferramentas de geotecnologia no auxílio da escolha de áreas prioritárias (CATELANI et al. 2012; ARCOVERDE et al. 2011; PEDREIRA et al. 2011), mas nenhum utilizou a TST como um dos critérios.

Todos estes fatos, a eficiência do modelo aliada à deficiência dos métodos já existentes, faz crer que a metodologia proposta seja vantajosa, pois leva em consideração uma série de fatores: antrópicos, climáticos e naturais. A quantidade de elementos

utilizados para a indicação desses índices, aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos, o que leva a indicação do uso do Índice de Áreas Prioritárias para Recuperação (IAP) como ferramenta auxiliar na escolha de áreas a serem recuperadas.

4. CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do Laranja Doce possui 55,28% da sua área total com média prioridade para recuperação.

As áreas de baixa prioridade para recuperação, tratam-se de áreas localizadas próximas ao córrego e na mata ciliar, enquanto as áreas com alta prioridade para recuperação estão associadas a áreas de cultivo temporário, que sofrem constante manejo e passam parte do ano totalmente expostas.

O modelo do índice proposto mostrou-se eficiente como ferramenta auxiliar na determinação de áreas prioritárias para recuperação ambiental, uma vez que resultados obtidos com o auxílio de geoprocessamento condizem com os resultados averiguados em campo.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. **Introducion a la microbiologia delsuelo**. México, D.F., Libros y Editoriales. 491 p. 1980.

ALMEIDA, A. J. P.; GUIMARÃES JUNIOR, S. A. M.; ANDRADE E. L.; FERREIRA NETO, J. V. Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, PB, 2015.

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, vol. 6, n. 2, 2006.

ARCOVERDE, G. F. B.; ALMEIDA, C. M.; XIMENES, A. C.; MAEDA, E. E.; ARAÚJO, L. S. Identificação de áreas prioritárias para recuperação florestal com o uso de rede neural de mapas auto-organizáveis. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.17, n.3, p. 379-400, 2011.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em *Softwares Livres e Gratuitos*. **Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ**, v. 38, n. 1, p. 170-179, 2015.

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 1997.

BISCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Série Engenharia, vol. I. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. 87 p.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 2008.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; DIAS, N. W. Determinação de áreas prioritárias para o restabelecimento da cobertura florestal, apoiada no uso de geotecnologias. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 113-126, 2012.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de cerrado. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 61-75, 2015.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 331-337, 2011.

ESRI Inc. - ARC / INFO version 7.11. Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1997, 1 CD ROM.

FAIZ, S.; MAHMOUDI, K. **Geographic Information Systems Applications and Advancements**. IGI Global, USA, 2016.

FERREIRA, C. C. Relações entre a temperatura mínima do ar e da relva e a temperatura da superfície terrestre, obtida a partir de imagens NOAA, no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2005.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, V.M.R. Atributos químicos de Latossolo Vermelho submetido a diferentes manejos. **Floresta**, v.45, n.2, p. 229-240, 2015.

GLCF - Global Land Cover Facility. Catálogo SRTM 2000. Órbita/Ponto Órbita/Ponto 224/75. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu/data/srtm/>>. Acesso em 20 jan. 2016.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso 08 mai. 2016.

MARTINS E. R.; CASTRO D. M.; CASTELLANI, D. S.; DIAS, E. J. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV, 1994, 220 p.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L. F.; BUENO A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, suplemento, p. 975-983, 2009.

MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 315-322, 2006.

MIRANDA, N. O. Manejo e conservação do solo. In: SOBRINHO, R. B. et al., **Produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Banco do Nordeste do Brasil, 2008.

NICODEMO, M. L. F. **Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

NOSSACK, F. A.; ZIMBACK, C. R. L.; SILVA, F. R. B.; SARTORI, A. A. C. Aplicação de análise multicriterial para determinação de áreas prioritárias à recomposição florestal. **Irriga**, v.19, n.4, p. 612-625, 2014.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; UZEDA, M. C.; COSTA, M. D. A. **Áreas prioritárias para recuperação na região da bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 50p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 2.14.16 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016.

ROZENSTEIN, O.; QIN, Z.; DERIMIAN, Y.; KARNIEL, A. Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a Split Window Algorithm. **Sensors**. v. 14, p. 5768-5780, 2014.

USGS- United States Geological Survey. Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso 25 nov. 2016 e 11 jun. 2018.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predictingrainfallerosionlosses; a guidetoconservationplanning. Washington: U.S. DepartmentofAgriculture, (AgricultureHandbook n. 537, 58p., 1978.

CONCLUSÃO GERAL

A bacia do Laranja Doce possui grande influência antrópica, visto que a maior parte da mesma, pelo menos 83%, se encontra antropizada.

A temperatura da superfície terrestre mostrou-se dependente do índice de vegetação, com forte correlação linear negativa (-0,9516).

A bacia hidrográfica do Laranja Doce possui 66,33% de sua área com baixa a média propensão à erosão laminar enquanto as áreas com forte a muito forte propensão representam apenas 2,52%, sendo que as áreas com maior probabilidade à erosão estão associadas à áreas de uso antrópico.

O modelo proposto do índice de áreas prioritárias mostrou-se eficiente como ferramenta auxiliar na determinação de áreas prioritárias para recuperação ambiental, uma vez que resultados obtidos com o auxílio de geoprocessamento condizem com os resultados averiguados em campo.

Os dados ambientais gratuitos, assim como as geotecnologias livres, apresentaram boa acurácia, sendo eficientes como ferramenta auxiliar na Gestão Ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, localizada na região sul do estado de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS GERAIS

AZEVEDO, H. A. M. A.; BARBOSA, R. P. Gestão de recursos hídricos no Distrito Federal: uma análise da gestão dos Comitês de Bacia Hidrográfica. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 5, n. 13, p. 162- 182, 2011.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **DisciplinarumScientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Volume Especial, n.36, p. 26-43, 2014.

CORREA, N. F.; RIBEIRO, V. O.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Obtenção de MDE corrigido para Delimitação de Bacia Hidrográfica com auxílio de Geotecnologias Livres. **Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ**, v. 40, n. 1, p. 217-225, 2017.

CRIADO, R. C.; PIROLI, E. L. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 1010-1021, 2012.

CRUZ, R. C.; TAVARES, I. S. **Bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e práticos. In: RIGHES, A. A. (Org.); BURIOL, G. A. (Org.); BOER, N. (Org.). **Água e educação: princípios e estratégias de uso e conservação**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, 2009. cap. 3.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 3 ed. 2017, 31p.

GVSIG- OAD- Oxford Archaeology Digital Edition 1.10, 2010.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso 08 mai. 2016.

LEAL, J. V.; TODT, V.; THUM, A. B. O uso de SIG para monitoramento de áreas degradadas- Estudo de Caso: APP do Arroio Gil, Triunfo-RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65/5, p. 967-983, 2013.

PAULA, M. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização do uso da terra da bacia hidrográfica da UHE de Caçu-GO. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 4, p. 1482-1490, 2012.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 2.14.16 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS 2.8.2 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2015.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. **A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água**. In: II SEMILUSO - Seminário Luso-Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação, João Pessoa, 2008. Disponível em: <<http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf>>. Acesso 11 ago. 2017.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental**: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

SEMADE- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. **Região da Grande Dourados**. Disponível em: <http://www.semade.ms.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2015/03/regiao_da_grande_dourados_caderno_geoambiental.pdf>. Acesso 08 jul. 2018.