

ANÁLISE AMBIENTAL NAS MARGENS FLUVIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VIEIRA - MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS/MG

Environmental Analysis on the Riverbank of the River Vieira River Basin - Montes Claros / MG

Maria Ivete Soares de Almeida
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES
ivetegeo@yahoo.com.br

Raul De Magalhães Filho
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES
rauldemagalhaesf@gmail.com

Carla Milena de Moura Laurentino
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES
carlamilenam@gmail.com

Lucas Augusto Pereira da Silva
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES
Lucaskaio1605@gmail.com

Aceito: 07/07/2020

Recebido: 04/01/2020

RESUMO: A vegetação natural às margens dos cursos d'água são essenciais para manutenção da qualidade da água, microclima e biota nas proximidades desses cursos, logo, são ambientes protegidos pela legislação. O objetivo do trabalho foi analisar o uso e cobertura da terra às margens dos corpos hídricos da Bacia do Rio Vieira, no ano de 2016. Esse estudo se justifica pelo fato da área de estudo ter passado por diversos processos de mudança no uso e cobertura da terra. Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto. Os maiores valores de NDVI e SVAI foram encontrados para áreas de vegetação natural e os menores para ambientes antrópicos. No período de estudo, a vegetação natural representava ~54%, enquanto os usos antrópicos compreenderam a ~46%. Chama-se atenção para as áreas antrópicas pois as margens fluviais são protegidas, e esse percentual é alto. Esse estudo é fundamental para gestão dos recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio Vieira.

Palavras-chave: Uso da terra; Sensoriamento remoto; Cerrado; Bacia do Rio Vieira.

ABSTRACT: The natural vegetation on the banks of water courses is essential for maintaining water quality, microclimates and biota in the vicinity of these courses, so they are environments protected by legislation. The objective of the work was to analyze the use and land cover on the banks of the water bodies of the Vieira River Basin, in 2016. This study justifies the fact that the study area has undergone several processes of change of use and land cover. Remote sensing technicians were used. The highest values of NDVI and SVAI were found for areas of natural vegetation and the lowest for anthropic environments. During the study period, natural vegetation represents ~54%, while anthropic uses comprise ~46%. Attention is drawn to anthropic areas such as protected river banks, and this percentage is high. This study is fundamental for the management of water resources and land use in the Vieira River basin.

Keywords: Land Use; Remote Sensing; Cerrado; Vieira River Basin.

INTRODUÇÃO

A vegetação às margens dos cursos d'água é um dos principais fatores controladores da dinâmica dos fluxos de água nos regimes hídricos dos rios (GARNER et al., 2017) pois auxiliam na manutenção do oxigênio nos rios, melhora dos habitats, abundância de espécies, contribuição no microclima, dentre outros fatores (FIERRO et al., 2017). No entanto, no decorrer dos anos, as ações humanas têm modificado esta dinâmica, sobretudo por meio de mudanças no uso e cobertura da terra (XU et al., 2019).

Em específico no Brasil, mesmo esses ambientes sendo protegidos por lei, no caso, o código Florestal nº12.651/2012 (BRASIL, 2012), a dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra tem afetado sistematicamente esses ambientes (MICHALSKI; METZGER; PERES, 2010). No geral, as principais atividades que ocasionam as perturbações ecológicas nos ambientes de margens fluviais são advindas da agricultura, sistemas de pastagens e avanços de edificações (pressão urbana), que se dispersam nas extensões territoriais com disposições geomorfológicas planas e com proximidade dos cursos d'água, como é o caso das Matas Ciliares, pois são ambientes de fácil acesso aos recursos hídricos para suprimento de atividades antrópicas.

Para avaliar o status ambiental desses ambientes o levantamento de campo é essencial, pois consegue compreender de maneira sistemática o real quadro das Matas Ciliares, no entanto, para os gestores públicos, isso pode ser oneroso, pois demanda uma série de recursos materiais e humanos para essa atividade. Logo, com o advento das técnicas de sensoriamento remoto, essa árdua e onerosa atividade pode ser suprida, principalmente considerando que essas técnicas são disponibilizadas na maioria das vezes gratuitamente, cobrindo vastas áreas e em sistêmicas escalas temporais (RAMOS; NÓBREGA, 2020).

Estudos no contexto das margens fluviais tem utilizado técnicas de sensoriamento remoto para analisar a dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra nessas áreas, mostrando um quadro geral em que a vegetação nativa é convertida para usos antrópicos ou passando por pressões advindas de queimadas (um risco iminente no Cerrado), mesmo estando protegidas pela legislação ambiental (OLIVEIRA FIORINI et al., 2020; SCHMIDT; ELOY, 2020).

O objetivo desse estudo é analisar por meio de técnicas de sensoriamento remoto o uso e cobertura da terra às margens dos corpos hídricos da Bacia do Rio Vieira, no ano de 2016, inserida no município de Montes Claros. A escolha dessa área de estudo, se deu devido a bacia está inteiramente inserida nos limites do município e ter vivenciado mudanças no cenário do uso e cobertura da terra no devir histórico (BARROS et al., 2014).

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Vieira está localizada no Norte do estado de Minas Gerais, totalmente inserida dentro dos limites do município de Montes Claros (vide Figura 1), especificamente, no polígono formado pelas coordenadas $16^{\circ} 32' 53''$ e $16^{\circ} 51' 26''$ de latitude S e $43^{\circ} 44' 05''$ e $44^{\circ} 03' 40''$ de longitude W. O perímetro urbano do município de Montes Claros ocupa 15,80% da área da bacia, o qual abriga uma população de 361.915 habitantes, apontando uma densidade demográfica de 3971,1 hab/km², sendo este valor 37,18 vezes maior que a densidade demográfica do município, cuja população total é de 361.915 habitantes, distribuídos numa área de 3.568,94 km² (LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011a).

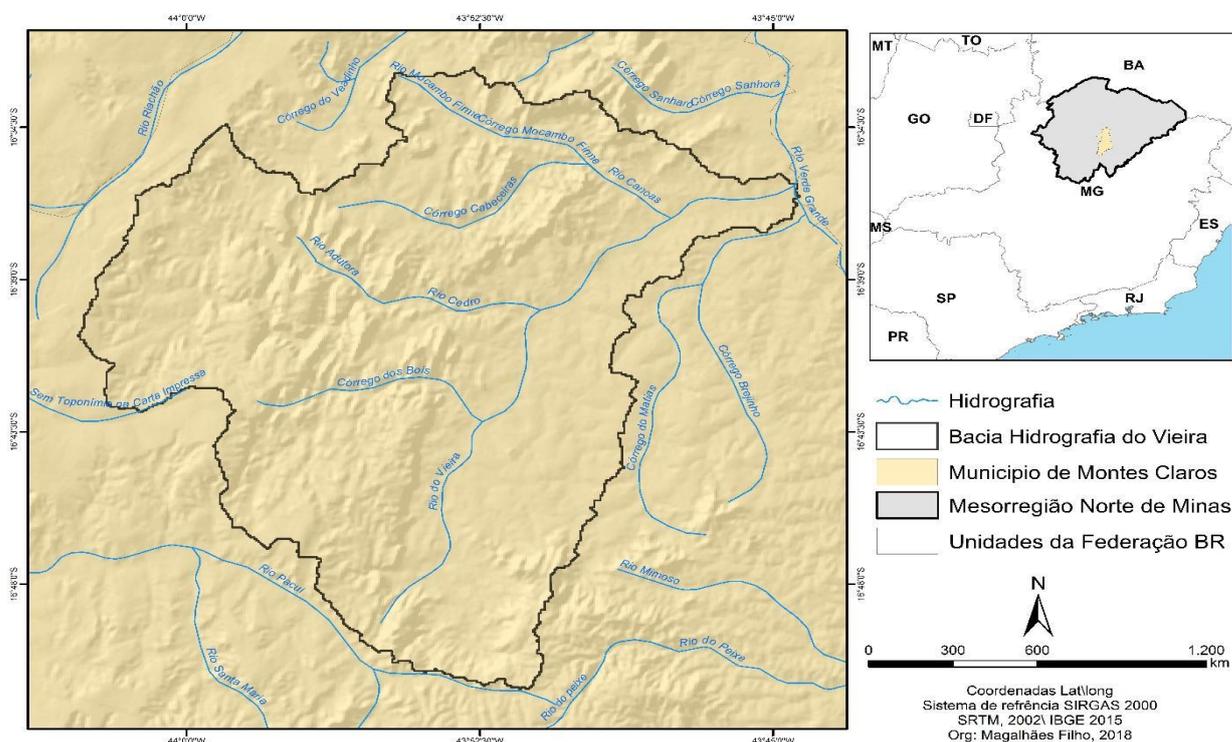


Figura 1 - Localização da Bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais, Brasil.
Org: autores.

O clima da bacia se enquadra no perfil tropical quente semiúmido úmido, próximo aos limites do semiúmido seco, com períodos de 4 a 6 meses secos (LEITE; SILVA; DE MAGALHÃES FILHO, 2018). Do ponto de vista geológico, a bacia possui 4 unidades, que são classificadas em: Cobertura Superficial Indiferenciada, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra da Saudade e Formação Serra de Santa Helena (LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011a). Do ponto de vista topográfico, a bacia é marcada pela altitude variando de 561 metros a 1036. No que se refere a vegetação natural da bacia,

estão presentes, áreas de cerrado, Floresta tropical Caducifolia e Floresta Tropical Subcaducifolia. Com cerrado Arbustivo e Arbóreo distribuído na extensão territorial da Bacia, com cerrado arbóreo nos topos das Serras e Arbustivo nas áreas mais aplainadas (LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011a).

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi selecionado o produto cartográfico para este estudo na plataforma digital do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo este disponibilizado gratuitamente. Este produto é proveniente do satélite Landsat – 8 (OLI/TIRS) referente a data 16/07/2016 e a órbita 219 e ponto 71.

O Landsat – 8 é o satélite mais recente da série Landsat, lançado em 2013. Opera em uma altitude de 705 km, na órbita heliosíncrona com inclinação de 98, 2° em relação ao plano do Equador, sendo que é às 10:00 horas, o horário de sua passagem descendente na linha do equador (ROY et al., 2014).

Este satélite passa em uma dada superfície a cada 16 dias a depender da latitude em tese. Possui resoluções espaciais variando de pancromático (15 metros), multiespectral (30 metros) a termal (com 100 metros de resolução espacial); a resolução radiométrica se remete a 16 bits por pixels; a cena possui uma abrangência de 185x185 Km (ROY et al., 2014). Neste trabalho serão utilizadas as bandas 2,3,4,5,6,7 e 10 (Tabela 1).

Tabela 1 – Características das Bandas utilizadas.

Bandas	Características	Comprimento de onda (micrometros)	Resolução Espacial (metros)
2	Azul	0.450 - 0.51	30
3	Visível Verde	0.53 - 0.59	30
4	Visível Vermelho	0.64 - 0.67	30
5	Infravermelho Próximo	0.85 - 0.88	30
6	Infravermelho Médio/SWIR	1.57 - 1.65	30
7	Infravermelho Médio/SWIR	2.11 - 2.19	30
10	Infravermelho Termal (TIRS)1	10.60 - 11.19	100*

Fonte: Roy et al., (2014).* reamostrado em 30 metros.

De posse deste produto orbital, seguiu-se o processamento digital da imagem, iniciado no ambiente computacional do *Software Erdas 2014* com a composição colorida da imagem através da ferramenta *Layer Stack*. Em sequência, foi feito o *download* da base de dados do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do estado de Minas Gerais. Este material se encontra disponível de forma gratuita no site do ZEE

(camada: recursos hídricos > Área de Drenagem do Estado). Posteriormente, no software *ArcGis* 10.5, foi feita a extração dos corpos hídricos da Bacia, sendo feito a partir de: *Analysis Tools > Extract > Clip*.

Em seguida foi gerado um *buffer* com influência de 30 metros a partir do corpo hídrico, sendo que, pela legislação ambiental em relação às APP's, área de preservação permanente, e referente aos cursos d'água, o artigo 2º do Código Florestal considera como área de preservação permanente as florestas e as demais formas de vegetação natural/nativa, que se situam ao decorrer dos rios ou de qualquer corpo hídrico com largura mínima de 30 metros para os cursos d'água com menos de 10 metros de largura, de 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura, de 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura, de 200 metros para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura, e de 500 metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros (BRASIL, 2012).

Entretanto para uma análise mais detalhada das condições ambientais da bacia hidrográfica do rio vieira, determinou-se os 30 metros fazendo alusões ao que remete a legislação, buscando analisar tanto os usos da terra que margeiam em conjunto as matas ciliares os corpos hídricos no período de análise (sendo o ano de 2016), quanto possíveis cenários de tendência dentro destes 30 metros do *buffer*. Este *buffer* foi feito através dos seguintes comandos: *Analysis Tools>Proximity>buffer*.

Em outro momento, de posse da imagem com composição colorida, e o *buffer* delimitado, deu início a classificação dos usos e coberturas da terra que margeiam os corpos hídricos. Para esta etapa, foi realizada a classificação supervisionada, já que nessa etapa o analista em sensoriamento remoto possui interação com a cena abordada. Esta interação refere-se ao conhecimento prévio da área.

Esta etapa foi desenvolvida no software *Erdas* 2014. A classificação foi feita através do classificador *MaxVer*, ou seja, a classificação por máxima verossimilhança, que considera que em cada classe de análise existe uma distribuição normal (SANHOUSE-GARCÍA et al., 2016).

O *Maxver* se norteia na probabilidade de um pixel pertencer a determinada classe e leva em consideração variabilidade das classes usando a matriz de covariância (LOUZADA; BERGIER; ASSINE, 2020).

Utilizou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado para os efeitos do Solo (SAVI). O NDVI é o resultado da razão entre a diferença da banda do infravermelho próximo, que é a faixa espectral que possui maiores valores de reflectância, devido ao processo de espalhamento (transmitância e reflectância), devido a influência da estrutura intracelular das folhas e a do vermelho que é a faixa do espectro em que ocorre a predominância dos efeitos da clorofila presente nas folhas, normalizado pela soma das mesmas, que pode ser expressa pela equação (01) (TUCKER et al., 1985).

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (01)$$

Para o cálculo do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI*) que é um índice que busca amenizar os efeitos do “background” do solo, tem sido utilizada a expressão 02 (HUETE, 1988).

$$SAVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED+L} * 1 + L \quad (02)$$

Onde o fator L é uma função do tipo de solo. Em estudo recente, utilizou – se L = 0,1, embora o seu valor mais frequente seja L = 0,5. Da posse dos dados sobre uso e ocupação da terra, NDVI e SAVI, foram gerados no *ArcGis* 10.3.1 os mapas temáticos, bem como gráficos no *Excel* 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de abordar as discussões sobre a distribuição de uso e ocupação da terra, é necessário atribuir à discussão, os dados obtidos sobre os índices de vegetação (NDVI e SAVI) uma vez que estes índices podem instruir de maneira analítica sobre a presença de vegetação, solo em exposição e água. Estes índices são de extrema importância para esta análise, podendo inferir em avaliação e validação do próprio mapeamento, muitos estudos utilizaram esses índices para análises da vegetação (DA SILVA et al., 2020; PAIVA ALCOFORADO REBELLO et al., 2020). Para a área de estudo, o NDVI apresentou valores médios, mínimos e máximo de 0,45, -0,68 e 0,83, respectivamente, com desvio padrão de 0,15. Já o SAVI, mostrou valores médios, mínimos e máximos de 0,37, -0,39 e 0,78, respectivamente, com desvio padrão de 0,13 (Figura 2).

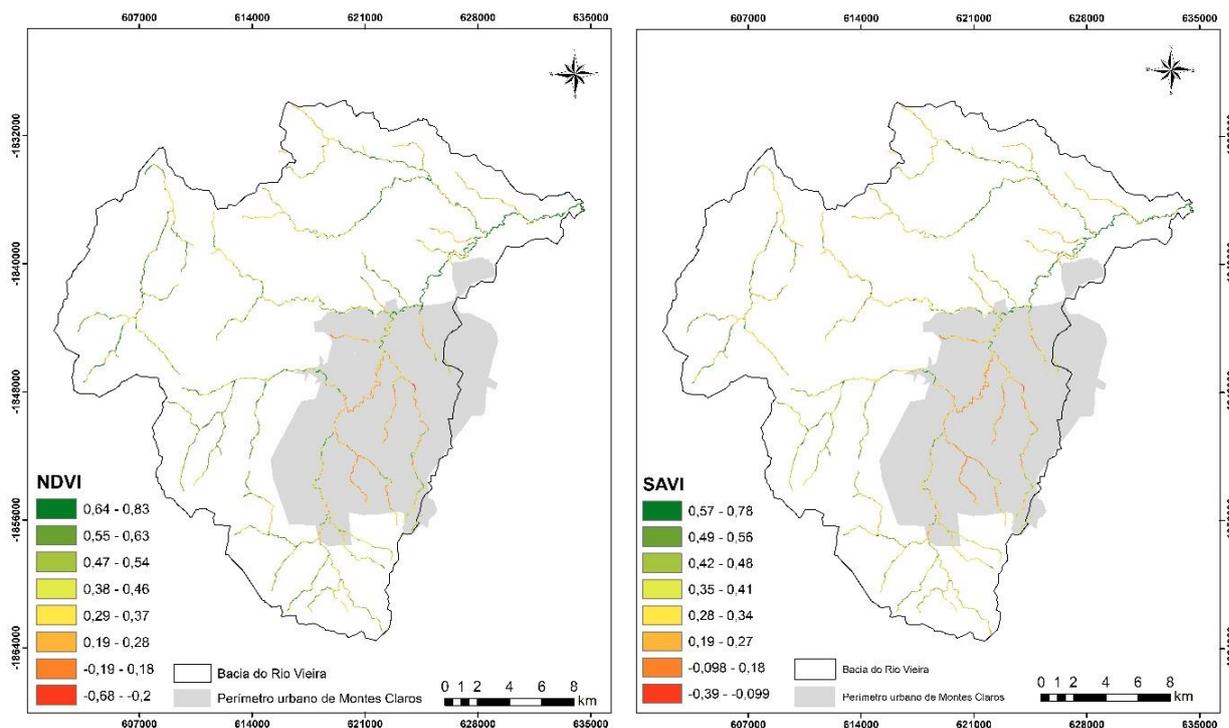


Figura 2 - Distribuição Espacial do NDVI e SAVI para Bacia do Rio Vieira, ano de 2016. Elaboração: autores.

Foi realizada uma análise pontual por meio de amostras para identificar os comportamentos de cada uso e cobertura da terra (quanto ao NDVI e SAVI) (Figura 3). Ressalta-se que este procedimento foi inerente na interpretação da superfície, para que houvesse o mapeamento do *buffer* de influência de 30 metros às margens dos corpos hídricos da Bacia do Rio Vieira. Salienta-se que esse procedimento foi necessário, sobretudo para observar as variações dos índices nas áreas analisadas, pois no *buffer* de 30 metros não é possível observar variações visuais significativas (Figura 2).

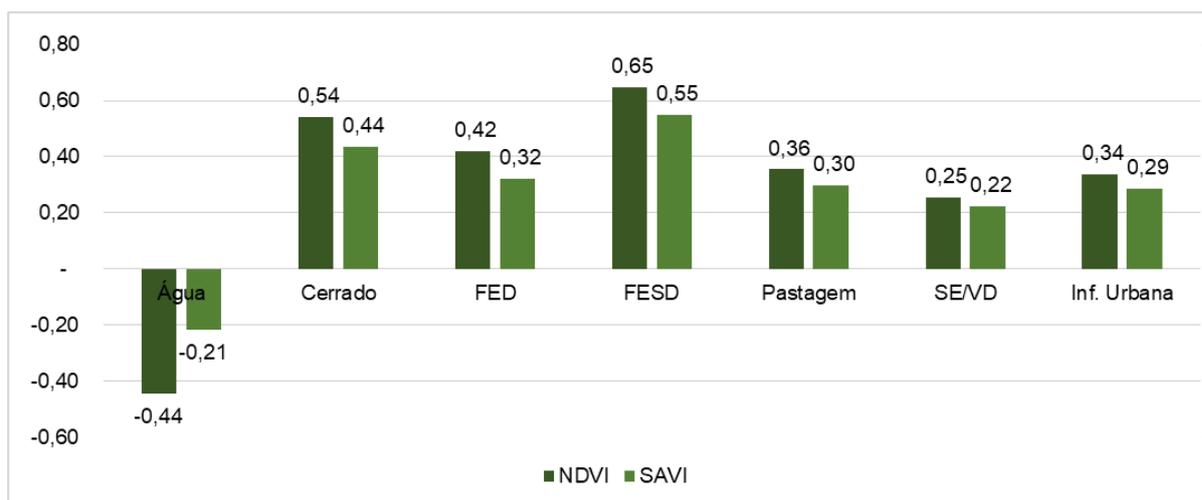


Figura 3 - NDVI e SAVI por Classe de Uso e Cobertura da terra. FED: Floresta Estacional Decidual; FESD: Floresta Estacional SemiDecidual; SE/VD: Solo Exposto e Vegetação Degradada; Inf. Urbana: Influência Urbana. **Elaboração:** autores.

Observa-se que há similaridade no ponto de vista do comportamento espectral dos alvos analisados. No entanto, como esperado o SAVI apresentou menores valores (em áreas com água, o comportamento espectral seguiu o mesmo padrão), pois o fator L minimiza as reflectâncias advindas dos diferentes tipos de solo. Em áreas de pastagem, os valores variaram muito pouco (desvio padrão de 0,06 e 0,05 para NDVI e SAVI). No entanto, esses valores podem estar associados ao período sazonal climático, já que nesta análise abarca um produto orbital referente ao inverno, ou seja, estação seca.

Neste período com a escassez hídrica, gradualmente os níveis de biomassa sobre a pastagem tendem a diminuir (VELOSO et al., 2020), respondendo com menores valores de reflectância e consequentemente menores valores de SAVI e NDVI (Figura 2). A área de influência urbana respondeu com valores relativamente baixos, os quais estão relacionados a ausência de vegetação. O elevado número de edifícios, asfalto e concreto, ocasionam uma falta expressiva de biomassa (CHEN; HAN; DE VRIES, 2020).

As áreas de Floresta Estacional Semidecidual apresentaram os maiores valores SAVI e NDVI. Esses altos valores estão relacionados a densidade da vegetação, disponibilidade hídrica, bem como a umidificação. Os processos bióticos influenciam a reflectância da vegetação, bem como o seu estágio de desenvolvimento, no caso específico, e isto pode estar relacionado à densidade da vegetação.

Outro comportamento já esperado, foi o da Floresta Estacional Decidual, em que os valores estimados (Figura 3) estão relacionados às características fenológicas da “mata seca”, pois o período em que foi analisado, período seco (inverno) fomenta a perda de parte das folhas nessa espécie de vegetação, influenciando decisivamente nos parâmetros biofísicos, bem como os índices de vegetação (RANKINE et al., 2017).

Mesmo não havendo a alteração da arquitetura foliar de uma dada planta, no período de estiagem, a vegetação em si absorve menos radiação no espectro do vermelho visível (aumentando assim sua reflectância nessa faixa do espectro) e em contrapartida absorve mais do espectro do infravermelho. Assim a tendência é que decresça a reflectância e impulse menores valores de índices de vegetação, este fato aconteceu (Figura 3).

Para as áreas de solo exposto, pasto degradado e vegetação degradada, os valores foram relativamente baixos (Figura 3) e são relacionados ao fato da ausência de vegetação em bom grau de densidade e sobretudo a biomassa, que em condições de pastagem, vegetação degradada e solo em exposição tende a decrescer e de fato influenciar nas reflectâncias, pois a falta de biomassa infere na não absorção de radiação. No que concerne aos valores de SAVI e NDVI, esses representaram relação sólida com o mapeamento do *buffer* de 30 metros às margens dos corpos hídricos da Bacia do Rio Vieira. Na classe água, os valores negativos estimados, são inerentes à elevada absorção de radiação pelos corpos hídricos, os quais absorvem praticamente toda radiação incidente sobre eles para todos os espectros.

Conforme o detalhamento do uso e cobertura da terra no mapa da Figura 4, existem tensões ecológicas entre as classes mapeadas, seja entre as classes naturais ou essas com usos antrópicos (Pastagem, sobretudo). A classe Cerrado cobre maior parte das margens fluviais (33,95%), no entanto, há tensão com os sistemas de Pastagens praticamente por área de estudo, pois essas representam 23,21% das extensões. Salienta-se que no Bioma Cerrado tem-se observado conversões sistemáticas de vegetação natural para Pastagens (SANO et al., 2019).

Na bacia do Vieira, mapeamentos temporais mostraram aumentos das Pastagens entre 1985 e 2010, sobretudo em detrimento de áreas naturais de Cerrado e Florestas (BRITO et al., 2013). A substituição de Cerrado por Pastagens tende a provocar alteração nas propriedades hidrotermais, como aumento da temperatura de superfície (CAIONI et al., 2020), decréscimo da evapotranspiração (NÓBREGA et al., 2017) e conseqüentemente diminuição da umidade local, o que pode afetar o bem estar humano e da fauna presente nas margens fluviais.

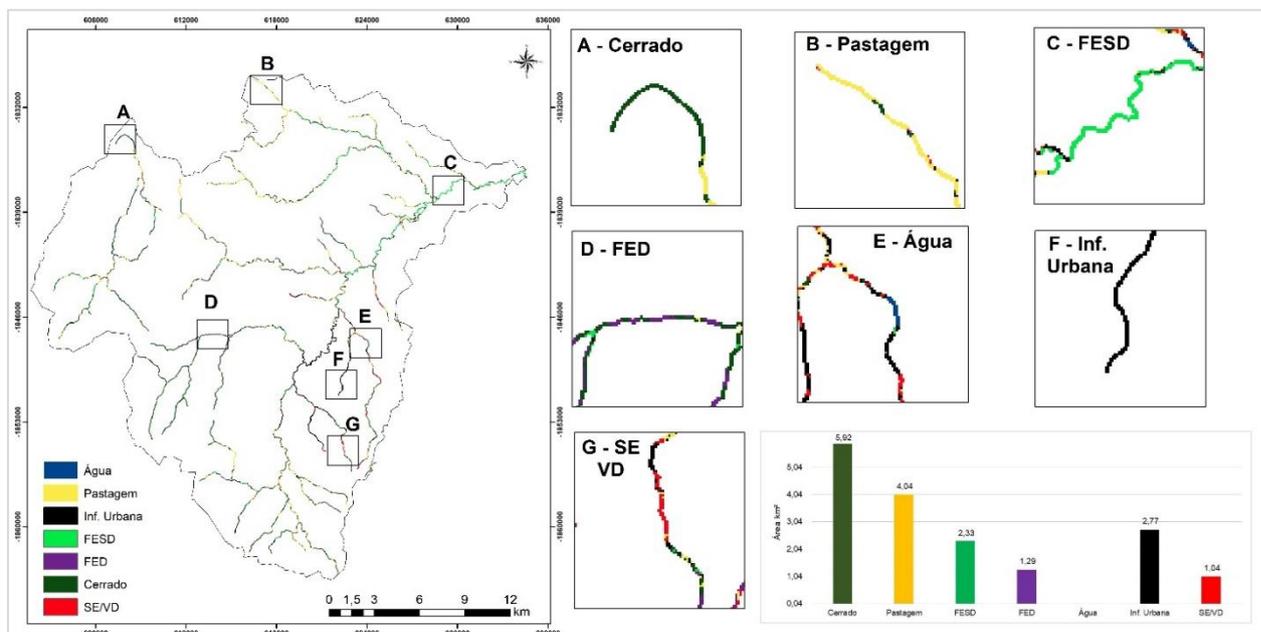


Figura 4 - Uso e Cobertura da terra para o Buffer de 30 metros. Elaboração: autores.

Chama-se atenção ainda para questões hidrológicas, pois em ambientes com maior densidade vegetal, a tendência é que ocorram menores fluxos de escoamento de água, inversamente ao comportamento nas Pastagens (ANACHE et al., 2019). Outrora, é preciso salientar que a depender do nível de conservação dessas Pastagens, podem também ser fontes de emissão de carbono, sobretudo se estiverem degradadas (YANG et al., 2019), pois os usos da terra inferem na dinâmica interanual do ciclo do carbono (YUE et al., 2020). Quando bem manejadas, as Pastagens atingem níveis de armazenamento de carbono no solo até maiores que o Cerrado (ROSA; SANO; ROSENDO, 2014), no entanto, às margens fluviais, não são ambientes adequados para a manutenção de pastagens.

As FEDS e FED somam 20,77% da área de estudo, chama-se atenção para a importância dessas fitofisionomias para o contexto ambiental, sobretudo a manutenção hidrológica. Essas Florestas possuem aspectos decíduais, ou seja, na estação seca, há perda gradual das folhas, decrescendo a evapotranspiração (SILVA et al., 2020). Essa mudança sazonal marcante é elementar para a emissão de umidade para a atmosfera, calor e carbono (PORTILLO-QUINTERO et al., 2015; RANKINE et al., 2017). Esse decréscimo na taxa de evapotranspiração também é essencial para manutenção hídrica nas camadas subsuperficiais do solo, sobretudo tratando de domínios de relevo *Karste*, e devido à porosidade desses sistemas a água é armazenada nas zonas mais profundas (WHITE, 1990). Essas áreas são protegidas pela lei da Mata Atlântica (nº11.428/2006), no entanto, estudos no Norte de Minas Gerais mostram que nesses ambientes houveram perda de ~3.300 km² entre 2000 e 2015, com taxa anual de 1,2%, considerada alta para uma área protegida por lei (DUPIN et al., 2018).

A área de Influência Urbana e a classe Água, devem ser analisadas em conjunto. Mas antes, é preciso explanação para o crescimento urbano na área de estudo, pois a cidade de Montes Claros passou um vasto crescimento populacional e territorial (LEITE et al., 2014) o que trouxe implicações no contexto ambiental (LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011b).

Salienta-se que esse processo se traduziu em alteração no fluxo dos corpos hídricos, sobretudo com intensas canalizações dos rios. Essa é uma prática que faz parte da evolução da drenagem urbana no mundo, pois a canalização passa por fases que tem por finalidade decrescer os eventos de enchentes e inundações no contexto das cidades (CHRISTOFIDIS; ASSUMPCÃO; KLIGERMAN, 2020), no entanto, Montes Claros aparentemente não avançou por todas as fases, pois apresenta áreas propensas à inundação nas suas extensões (SILVA; ESDRAS LEITE; FERREIRA, 2018). Corroborando com isso, estudos mostram que a dinâmica de crescimento urbano tende a afetar os corpos hídricos (TUCCI, 2008).

Quanto à classe Solo Exposto e Vegetação degradada, é uma parcela do território (~5%) que merece destaque, pois área com baixa densidade vegetal e/ou solo exposto possui alta taxa de perda de solo (CHALISE; KUMAR, 2020; MATULE; MACARRINGUE, 2020) e esses sedimentos podem inferir sistematicamente na qualidade da água dos cursos d'água.

Esses ambientes com vegetação degradada podem passar por processos naturais de sucessão, favorecendo o controle de transporte de sedimentos. Em um aspecto mais amplo, a não manutenção de áreas com densidade vegetal nas margens fluviais, mantendo ambientes de solo exposto com vegetação degradada pode acarretar em fonte de emissão de carbono para atmosfera (DUŠEK et al., 2020), no entanto, caso esses ambientes passem por regeneração natural ou o reflorestamento, pode elevar o armazenamento de carbono no solo (YANG et al., 2019).

De modo geral, observou-se um quadro preocupante no contexto das margens fluviais na bacia do Vieira, sobretudo considerando que os ambientes antrópicos que podem causar detrimento aos cursos d'água e dinâmica do ambiente representam porções expressivas do *buffer* de 30 metros delimitado seguindo o código florestal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível notar diante dessa pesquisa que as matas ripárias dos corpos hídricos da Bacia do Rio Vieira, bem como ocupações do entorno estão sofrendo com a pressão dos modelos econômicos impostos para o desenvolvimento das sociedades. Observa-se que a área de 30 metros de proteção proposta pelo código florestal na bacia não é seguida como deveria ser pois possui usos antrópicos às margens.

A preservação das FED e FESD é essencial para a dinâmica hídrica, sobretudo tratando-se de espécies com sensibilidade às variações sazonais no clima, decrescendo as porções de folhas e taxas de evapotranspiração no período seco, mantendo água armazenada nas profundidades nas formações Kársticas.

As Pastagens, se bem manejadas, podem reduzir aumentar o conteúdo de carbono no solo, no entanto, não se assegura a preservação dos cursos hídricos, pois podem provocar a deposição de sedimentos nos rios. Aspecto semelhante às áreas de solo exposto, sendo necessários procedimentos técnicos de reflorestamento ou florestamento nesses ambientes, controlando o depósito de sedimentos e manutenção da biota.

No contexto das áreas de influência urbana, entende-se que deve haver fiscalização por meio do poder público para impedir com aplicação da legislação ambiental a construção de edificações às margens fluviais.

As técnicas de sensoriamento remoto foram singulares nessa análise, tendo como suporte para o mapeamento o entendimento do comportamento espectral dos alvos na superfície, por meio de NDVI e SAVI. Como resultado se obteve um mapeamento coerente para as abordagens geográficas deste estudo, podendo discutir e fazer alusões do Sensoriamento Remoto como ferramenta para a tomada de decisões acerca da gestão territorial e ambiental e sobretudo as políticas públicas, principalmente ao se pensar no cenário de crise hídrica em que o município de Montes Claros se encontra.

AGRADECIMENTO

O último autor agradece a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de Bolsa de Mestrado. A terceira autora agradece a BIC/UNI – Bolsas de Iniciação Científica da UNIMONTES, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ANACHE, J. A. A. et al. Hydrological trade-offs due to different land covers and land uses in the Brazilian Cerrado. *Hydrology & Earth System Sciences*, v. 23, n. 3, p. 1263–1279, 2019.

BARROS, K. O. et al. Evolução do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros, MG. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 33, n. 1, p. 118–122, 2014.

BRASIL, N. C. F. Lei n 12.651, de 25 de maio de 2012. *Brasília, Diário Oficial da União* http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm, 2012.

BRITO, J. L. et al. Evolução Geográfica do uso/cobertura da terra na bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 26, p. 169–194, 2013.

CAIONI, C. et al. Droughts amplify differences between the energy balance

components of Amazon forests and croplands. *Remote Sensing*, v. 12, n. 3, p. 525, 2020.

CHALISE, D.; KUMAR, L. Land use change affects water erosion in the Nepal Himalayas. *Plos one*, v. 15, n. 4, p. e0231692, 2020.

CHEN, H.-C.; HAN, Q.; DE VRIES, B. Urban morphology indicator analyzes for urban energy modeling. *Sustainable Cities and Society*, v. 52, p. 1–10, 2020.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. DOS S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. *Saúde em Debate*, v. 43, p. 94–108, 2020.

DA SILVA, V. S. et al. Methodological evaluation of vegetation indexes in land use and land cover (LULC) classification. *Geology, Ecology, and Landscapes*, v. 4, n. 2, p. 159–169, 2020.

DUPIN, M. G. V et al. Land use policies and deforestation in Brazilian tropical dry forests between 2000 and 2015. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 3, p. 1–13, 2018.

DUŠEK, J. et al. Methane and carbon dioxide release from wetland ecosystems. In: *Climate Change and Soil Interactions*. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 509–553.

FIERRO, P. et al. Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages. *Science of The Total Environment*, v. 609, p. 724–734, 2017.

GARNER, G. et al. The role of riparian vegetation density, channel orientation and water velocity in determining river temperature dynamics. *Journal of Hydrology*, v. 553, p. 471–485, 2017.

HUETE, A. Huete, AR A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment. *Remote sensing of environment*, v. 25, p. 295–309, 1988.

LEITE, M. E. et al. Monitoramento da dinâmica no uso do solo urbano de Montes Claros. *Caminhos de Geografia*, v. 15, n. 51, p. 172–180, 2014.

LEITE, M. E.; SANTOS, I. DE S.; ALMEIDA, J. W. L. Mudança de Uso do Solo na Bacia do Rio Vieira, em Montes Claros/MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 4, p. 779–792, 2011a.

LEITE, M. R.; SILVA, L. A.; DE MAGALHÃES FILHO, R. Análise do comportamento da temperatura de superfície e fluxo de calor no solo: Um estudo de caso no perímetro urbano de Montes Claros, Minas Gerais. *Espaço Aberto*, v. 8, n. 1, p. 109–125, 2018.

LOUZADA, R. O.; BERGIER, I.; ASSINE, M. L. Landscape changes in avulsive river systems: Case study of Taquari River on Brazilian Pantanal wetlands. *Science of The*

Total Environment, v. 723, p. 138067, 2020.

MATULE, E. D.; MACARRINGUE, L. S. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo no distrito de Boane em Moçambique. *Sociedade & Natureza*, v. 32, p. 225–235, 2020.

MICHALSKI, F.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Rural property size drives patterns of upland and riparian forest retention in a tropical deforestation frontier. *Global Environmental Change*, v. 20, n. 4, p. 705–712, 2010.

NÓBREGA, R. L. B. et al. Effects of conversion of native cerrado vegetation to pasture on soil hydro-physical properties, evapotranspiration and streamflow on the Amazonian agricultural frontier. *PloS one*, v. 12, n. 6, p. e0179414, 2017.

OLIVEIRA FIORINI, A. C. et al. Forest cover effects of payments for ecosystem services: Evidence from an impact evaluation in Brazil. *Ecological Economics*, v. 169, p. 106522, 2020.

PAIVA ALCOFORADO REBELLO, V. et al. Spatiotemporal vegetation response to extreme droughts in eastern Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 18, p. 100294, 2020.

PORTILLO-QUINTERO, C. et al. The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Regional Environmental Change*, v. 15, n. 6, p. 1039–1049, 2015.

RAMOS, M. D. P.; NÓBREGA, R. A. DE A. Geotecnologias em perícias ambientais: aplicabilidade para estudos em represas de abastecimento e áreas protegidas. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 3, p. 469–484, 2020.

RANKINE, C. et al. Comparing MODIS and near-surface vegetation indexes for monitoring tropical dry forest phenology along a successional gradient using optical phenology towers. *Environmental Research Letters*, v. 12, n. 10, p. 1–16, 2017.

ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. DOS S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. *Sociedade & Natureza*, v. 26, n. 2, p. 333–351, 2014.

ROY, D. P. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, v. 145, p. 154–172, 2014.

SANHOUSE-GARCÍA, A. J. et al. Land use mapping from CBERS-2 images with open source tools by applying different classification algorithms. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 91, p. 27–37, 2016.

SANO, E. E. et al. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 54, p. 1–5, 2019.

SCHMIDT, I. B.; ELOY, L. Fire regime in the Brazilian Savanna: Recent changes, policy and management. *Flora*, v. 268, p. 151613, 2020.

SILVA, L. A. P. DA et al. Estimating Water Loss in an Environmental Protection Area - Minas Gerais, Southeast Brazil. *Caderno de Geografia*, v. 30, n. 62, p. 1–20, 2020.

SILVA, F. G.; ESDRAS LEITE, M.; FERREIRA, M. F. F. Análise Espacial das Áreas de Inundações em Montes Claros/MG, Assinaladas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de 2015. *Geoambiente On-line*, n. 31, p. 1–22, 2018.

TUCCI, C. E. M. Urban waters. *estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.

TUCKER, C. J. et al. Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel: 1980–1984. *Remote sensing of environment*, v. 17, n. 3, p. 233–249, 1985.

VELOSO, G. A. et al. Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 17, p. 1–8, 2020.

WHITE, W. B. Surface and near-surface karst landforms. *Groundwater geomorphology: Geol. Soc. Am. Special Paper*, v. 252, p. 157–175, 1990.

XU, G. et al. Seasonal changes in water quality and its main influencing factors in the Dan River basin. *CATENA*, v. 173, p. 131–140, 2019.

YANG, Y. et al. Soil carbon sequestration accelerated by restoration of grassland biodiversity. *Nature communications*, v. 10, n. 1, p. 1–7, 2019.

YUE, C. et al. Contribution of land use to the interannual variability of the land carbon cycle. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2020.