



MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO E COMPORTAMENTO DO NDVI PARA DIFERENTES USOS DA TERRA EM ÁREAS DE CERRADO NO NORTE DE MINAS GERAIS

Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros – Montes Claros – Minas Gerais – Brasil
gustavo.cepolini@unimontes.br

Lucas Augusto Pereira da Silva – Universidade Estadual de Montes Claros – Montes Claros – Minas Gerais – Brasil
Lucaskaio1605@gmail.com

Rodrigo Praes de Almeida – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Diamantina – Minas Gerais – Brasil
rodrigo.praes@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta a evolução geográfica do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São Lamberto, localizada na mesorregião Norte de Minas Gerais a partir do comportamento do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) nas diferentes classes de usos da terra mapeadas com maiores variações e avanços territoriais na bacia, em um período de 31 anos, de 1985 a 2016, dispondo, sobretudo, de técnicas de Sensoriamento Remoto. Nesse sentido, os resultados foram significativos no que tange o mapeamento do uso da terra, inferindo a taxa de perda de vegetação nativa na bacia no período mapeado. No tocante ao NDVI, notou-se grande variabilidade entre os usos da terra amostrados, destacando-se como um instrumento eficiente para tais análises.

Palavras-chave: Uso da Terra, NDVI e Bacia hidrográfica do Rio São Lamberto.

SOIL USE AND COVERAGE MAPPING AND NDVI BEHAVIOR FOR DIFFERENT LAND USES IN CERRADO AREAS IN THE NORTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

This article shows the geographic evolution of land use in the São Lamberto river basin, situated in the northern mesoregion of Minas Gerais State. Based on the behavior of NDVI (Normative Difference Vegetation Index), in different use classes of land, mapped with major changes and territorial advances in the basin, in a period of 31 years, from 1985 to 2016, using mainly techniques of Remote Sensing. The results were significant concerning land use mapping, inferring rate of loss of native vegetation in the basin in the mapped period. Regarding the NDVI, there was great variability among land uses sampled, standing out as an efficient instrument for such analyzes.

Keywords: Land Use, NDVI and São Lamberto River basin.

INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e o avanço do agronegócio têm impulsionado cada vez mais a busca por suprimentos que sanem as necessidades das sociedades em seus múltiplos arranjos. Para suprir tais necessidades, a demanda por áreas agricultáveis e produtivas tem sido cada vez mais intensa e conflituosa. Tal demanda implica em inúmeras alterações nas paisagens naturais.

Ao mencionar o crescimento demográfico e as alterações das paisagens naturais, deve-se refletir que a organização do espaço geográfico é essencial para os planejamentos ambientais e territoriais, associados, sobretudo, à dinâmica dos usos da terra. A expressão uso da terra denota atividades antrópicas que tendem a explorar os recursos naturais em busca do desenvolvimento econômico (FERREIRA; SILVA, 2018). Essa exploração dos vem ocorrendo de maneira demasiada, provocando numerosos desmatamentos em larga escala (MAYFIELD et al., 2020), erosões e perda de solo (XIE et al., 2019), mudanças nas dinâmicas dos recursos hídricos, sobretudo produção de água das bacias (SHI et al., 2019), o que torna cada vez mais importante o estudo sobre as variações nos sistemas de usos da terra.

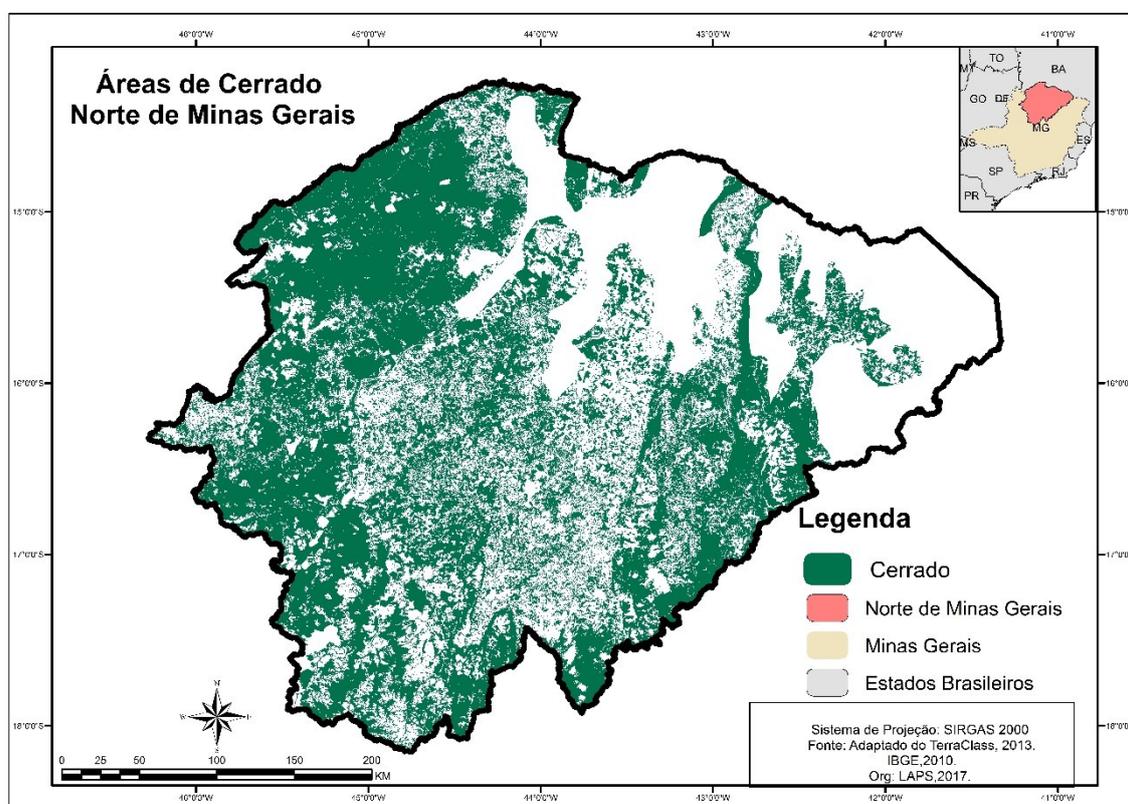
As informações acerca do uso da terra são imprescindíveis para o planejamento territorial e ambiental, pois são ferramentas auxiliares para o processo de conhecimento da organização do espaço (BRITO et al., 2013). Foram desenvolvidas várias técnicas como suporte no imageamento e caracterização da superfície terrestre, entre estas, cita-se o Sensoriamento Remoto que permite obter informações sobre alvos na superfície sem que exista contato com os mesmos. Este meio de obtenção de informações da superfície torna-se uma ferramenta de cunho singular, uma vez que a mesma tende a contemplar o imageamento de grandes áreas e obtenção de dados pretéritos, contemplando assim as variações da dinâmica do uso da terra para com as necessidades humanas em sua exploração.

Dentre as outras técnicas que podem subsidiar o mapeamento do uso da terra, pode-se citar o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) que é o resultado da razão entre a diferença da banda do infravermelho próximo e a do vermelho, normalizado pela soma das mesmas (ROBINSON et al., 2017). Assim, esta técnica se torna de fundamental importância para compreender as modificações dos sistemas de usos da terra. Estudos tem utilizado o NDVI em análises da dinâmica hidrotermal da vegetação (DENG et al., 2018), aspectos fenológicos (WU et al., 2017), auxílio da compreensão da dinâmica do uso da terra (BAEZA; PARUELO, 2020), dentre outras abordagens.

O objetivo foi mapear a evolução geográfica do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São Lambert e entender o comportamento do NDVI nas diferentes classes de usos da terra, mapeadas com maiores variações e avanços territoriais na referida bacia, em um período de 31 anos (1985 a 2016), dispondo de técnicas de Sensoriamento Remoto.

A escolha desta bacia motiva-se pelos avanços antropogênicos diante da extensão territorial da mesma. Tais avanços vêm ocasionado a perda expressiva de vegetação nativa na bacia. No mapa da Figura 1, pode-se identificar a mesorregião Norte de Minas e as áreas de Cerrado, predominantes na mesma.

Figura 1 - Área de Cerrado no Norte de Minas Gerais.



Org. Os Autores, 2017.

Nessa região nota-se a influência do Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Mata Seca, que vigoram na paisagem em constante sinergia com as populações que se apropriam dessa diversidade, manejando-a e transformando-a frente os distintos usos e territorialidades seculares (FERREIRA; DA SILVA; DA SILVA, 2017). Constata-se no período de 2000 a 2015, o montante 140 conflitos por terra e 56 conflitos por água, envolvendo aproximadamente 118 mil famílias. Tal cenário, revela que os distintos usos da terra no

BORGES; RODRIGUES, 2017). Quanto às características da fitofisionomia desta bacia, a vegetação é composta por: Cerrado *Sensu Stricto*, Mata ciliar, Cerrado em regeneração e Mata Seca.

Em relação aos parâmetros topográficos, a altimetria da bacia hidrográfica do Rio São Lamberto varia entre 564 e 1088 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw – clima tropical chuvoso, com estações seca e chuvosa bem definidas. A temperatura média anual é de 23°C e a precipitação média é de ~1.000 mm ao ano, com chuvas concentradas entre os meses de novembro a janeiro (ARAGÃO et al., 2019). Quanto a classificação dos solos da região é Latossolo vermelho escuro (LE) e vermelho-amarelo (DURÃES et al., 2017).

PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

Para desenvolver esta pesquisa, foi necessário realizar a aquisição dos produtos satelitários, no acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) referentes às datas 28/08/1985 e 16/07/2016, da órbita 219 e ponto 71. Com a aquisição das imagens, realizou-se a foto – leitura das mesmas em ambiente computacional, através do software ArcGIS 10.3.1 na plataforma ArcMap. A foto – leitura foi necessária para identificação dos usos da terra na bacia hidrográfica do rio São Lamberto.

Após a identificação dos usos da terra por foto – leitura, realizou-se o mapeamento, que consistiu na classificação supervisionada. No ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), especificamente no ArcMap, foi utilizado o classificador MaxVer para a classificação por máxima verossimilhança (MaxVer), que considera a ponderação das distâncias entre a média dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos (THIAGO; MAGALHÃES; DOS SANTOS, 2020). Nessa classificação, cada pixel é destinado à classe que tem mais alta probabilidade de ser similar, ou seja, a máxima verossimilhança (CECHIM JUNIOR; JOHANN; ANTUNES, 2017).

A fim de obter dados fidedignos, o mapeamento do uso da terra teve como base comparativa o projeto TerraClass Cerrado 2013, elaborado pelo INPE e EMBRAPA para o Cerrado Brasileiro. Após a análise conceitual da base cartográfica do TerraClass, foram elaborados os mapas temáticos de uso e cobertura da terra para a bacia considerando a temporalidade estabelecida (31 anos), ou seja, mapas temáticos de 1985 e 2016. Conforme a tabela 1, foram estabelecidas as seguintes classes e usos da terra:

Tabela 1- Características dos usos da Terra selecionados

Usos da Terra	Características
Cerrado	A classe cerrado, é caracterizada por uma vegetação com variadas fitofisionomias. Vegetação densa, espaçada, em topos de serras, matas ciliares e entre outros.
Eucalipto	Dentro desta classificação, estão as áreas estendidas aos topos de serras na bacia mapeada.
Mata Seca	Possui características de vegetação espaçada, arbustiva e de pequeno e médio porte.
Pastagem	Dentro desta classe estão as áreas de pastagens, espaçadas e ralas.
Solo Exposto/Pastagem Degradada	Dentro desta classe, estão as áreas cujo o solo está descoberto de vegetação, seja ela nativa ou antrópica, pasto degradado e vegetação degradada.
Urbano	Esta classe compreendeu as áreas das edificações, tanto das áreas das cidades, quanto distritos e entre outros.

Fonte: TerraClass. Org. Os Autores, 2017.

Num terceiro momento foi realizado o mapeamento do NDVI para a bacia hidrográfica do rio São Lamberto. Este mapeamento foi executado no software ERDAS 2014, destacando a ferramenta *Model Maker*, sendo um modelador matemático que permite a entrada em blocos das imagens de satélite e a operação dos cálculos propostos no algoritmo, além de variáveis condicionais.

Os parâmetros das imagens disponibilizadas nos cabeçalhos das mesmas, como tempo central (GMT), orientação da imagem, azimute do Sol e ângulo de elevação do Sol, e dados de calibração fornecidos pelo serviço geológico dos EUA, são utilizados como dados de calibração. As imagens de satélite são obtidas em Números Digitais (ND), que não são valores físicos. Para análise do NDVI, é preciso a conversão dos ND em valores físicos (Equação 01), nesse caso, a reflectância.

$$\rho_{\lambda, b} = \frac{H\rho_{CAL} + A_p}{ESUN(\lambda) \cos(\theta_{SE})} \quad (01)$$

Essa conversão se dá a partir do uso de coeficientes de reescalonamento. Esses coeficientes são fatores de cálculo, conhecidos como fator aditivo (Offset, o A_p) e

multiplicativo (Gain, representado pelo Hp). O fator de ganho representa a ascendência proporcional na reta de regressão, indicando que, quanto maior os valores de níveis digitais maior é a radiância detectada para o pixel. O fator compensatório compreende os valores iguais a zero de níveis digitais e menores serão os registros de radiância. Os valores de Hp e Ap foram obtidos a partir das Equações 02 e 03:

$$Hp = \left(\frac{Lcalmax(\lambda) - Lcalmin(\lambda)}{Qclamax - Qclamin(\lambda)} \right) \quad (02)$$

$$Ap = Lcalmin(\lambda) \left(\frac{Lcalmax(\lambda) - Lcalmin(\lambda)}{Qcalmax(\lambda) - QcalMin(\lambda)} \right) Qcalmin(\lambda) \quad (03)$$

Em que Lcalmax e Lcalmin, representam as radiâncias máximas e mínimas, e Qcalmax e Qcalmin são os valores máximos e mínimos da escala radiométrica.

Ainda sobre a equação 01, a ESUN (λ) representa a irradiância no topo da atmosfera para cada banda do espectro solar (visível). Menciona-se a necessidade de se obter os padrões do status angular do sol em relação à superfície (plano horizontal), o qual é representado por $\cos(\theta SE)$ na Equação 01, pois a tangência dos raios solares inferem na reflectância.

Em sequência, foi realizada a combinação entre o vermelho visível (*red*) e infravermelho próximo (*nir*) a fim de obter NDVI (ROBINSON et al., 2017):

$$NDVI = \left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED} \right) \quad (04)$$

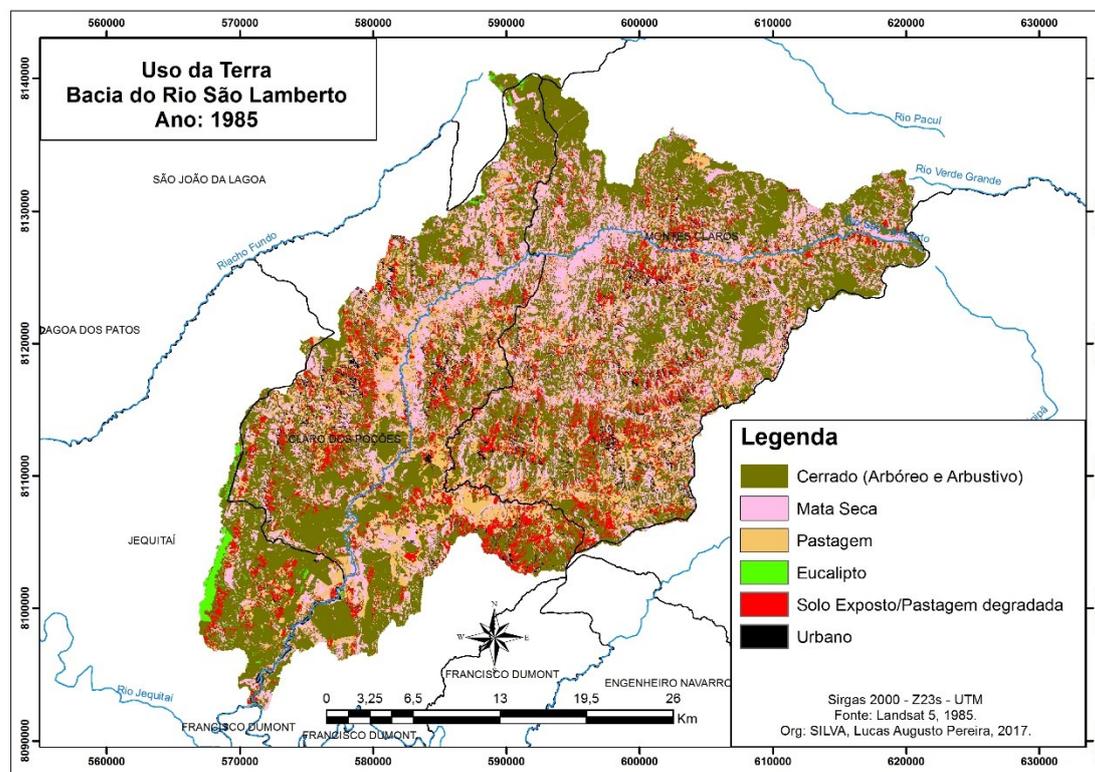
O NDVI varia de -1 a 1, em que os menores valores representam ambientes com menores porções de biomassa, já os maiores, são destinadas a áreas com biomassa acentuada (FAN et al., 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No tocante ao uso da terra da bacia hidrográfica do Rio São Lamberto, de acordo com a Figura 4, os usos da terra possuem uma grande variabilidade no que diz respeito a espacialização do território na bacia do Rio São Lamberto no período analisado de 1985.

Pode-se observar que há predominância da vegetação nativa de Cerrado e Mata Seca na extensão territorial da área de estudo:

Figura 4- Mapa de uso da Terra da Bacia do rio São Lambertito (28/08/1985).



Org. Os Autores, 2017.

Esta predominância de Cerrado e Mata Seca corresponde a 72,42% da distribuição do território da bacia. Observa-se que neste período de análise a mata ciliar do rio principal desta bacia se configura como áreas com bom grau de conservação. Esta mata ciliar é compreendida pelas classes de uso da terra denominadas como Mata Seca e Cerrado.

Nas áreas compreendidas como Cerrado pôde-se notar, através de foto-leitura, que possuía no período analisado de 1985, vegetação arbustiva e arbórea. As áreas com vegetação arbustiva estão inseridas em sua grande maioria ao Sul e Sudeste da bacia. As áreas de Cerrado arbóreo estão distribuídas nos topos das serras e/ou nas áreas com altimetria mais elevada e de difícil acesso, por exemplo, ao Norte, Nordeste e Noroeste da Bacia, como consequência, são poucas as atividades desenvolvidas nestas áreas, o que pode levar ao argumento de que, as formas de relevo na superfície influenciam nas atividades humanas.

Com relação ao mapeamento das áreas de pastagens, estas representaram 14,44% da distribuição territorial da bacia neste período de análise, sendo mais atenuadas ao Sudeste da bacia, onde estão situadas as áreas mais planas. Um avanço significativo destas áreas de sistemas de pastagens é notório, ao estudar a Figura 3, observa-se uma distribuição espacial intensa das áreas de pasto, sendo possível notar, às margens do rio São Lamberto, entradas dessa classe de uso da terra.

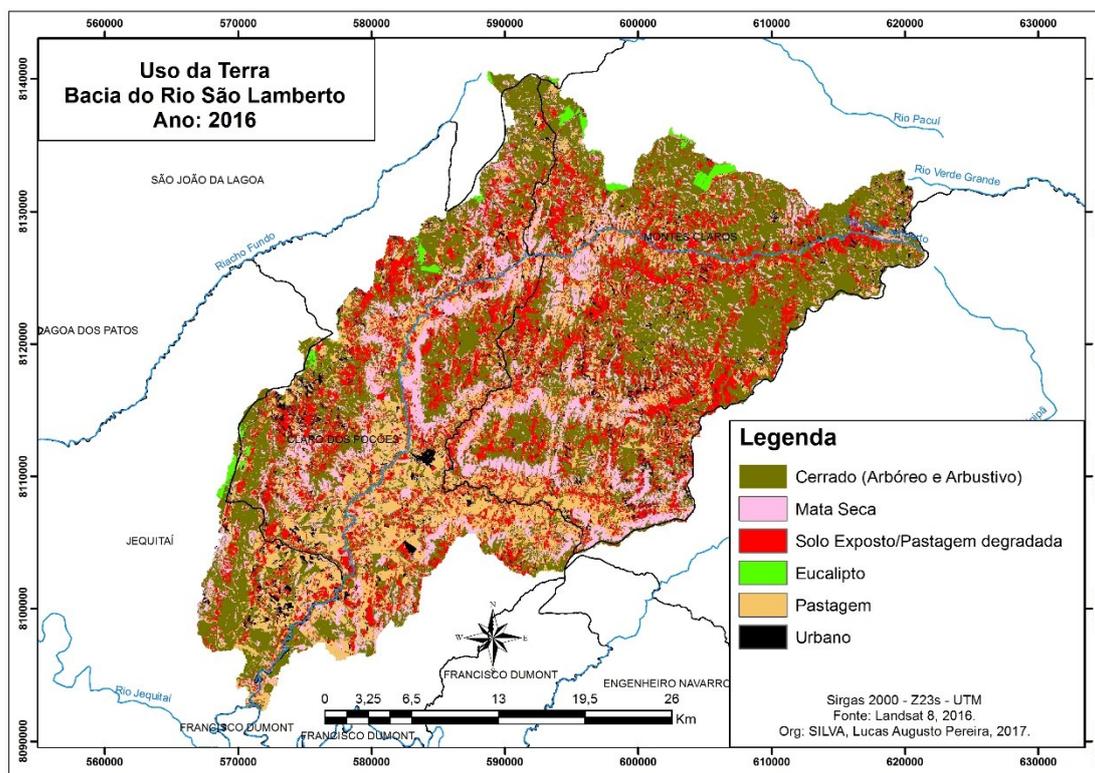
Fato semelhante à classe solo exposto/pastagem degradada, pode ser verificado no período analisado de 1985, quando ocupava cerca de 9,6% do território. Onde denominou-se “outros”, fez-se referência às áreas de pastagens e vegetação degradada que assemelham-se com o espectro do solo exposto.

É possível observar a distribuição destas áreas no território da bacia, fato que acarretará na substituição dessa classe por áreas de pastagem, num intervalo de tempo de 31 anos, como será abordado na apresentação do mapeamento do uso da Terra em 2016.

No período de análise de 1985, a classe compreendida como eucalipto, ocupava 0,75% do território da bacia, com maior concentração ao sudoeste da área de estudo, porém, já é possível notar acentuações desta classe ao Noroeste da Bacia, conforme a Figura 3.

As áreas mapeadas como “Urbano”, configuram as áreas de edificações, pavimentações, áreas centrais e periféricas de cidades, neste período analisado, essa classe compreendia 2,79% do território. A classe “Urbana”, no ano de 2016, representava 4,18% do território da bacia, sofrendo crescimento territorial das áreas mapeadas de 1,39%, quando comparada ao período analisado de 1985, como é observado na Figura 5. Estudos mostram esse comportamento em outras regiões (TELES; DA SILVA; RIBEIRO, 2020).

Figura 5- Mapa de uso da Terra da Bacia do rio São Lambert (16/07/2016).



Org. Os Autores, 2017.

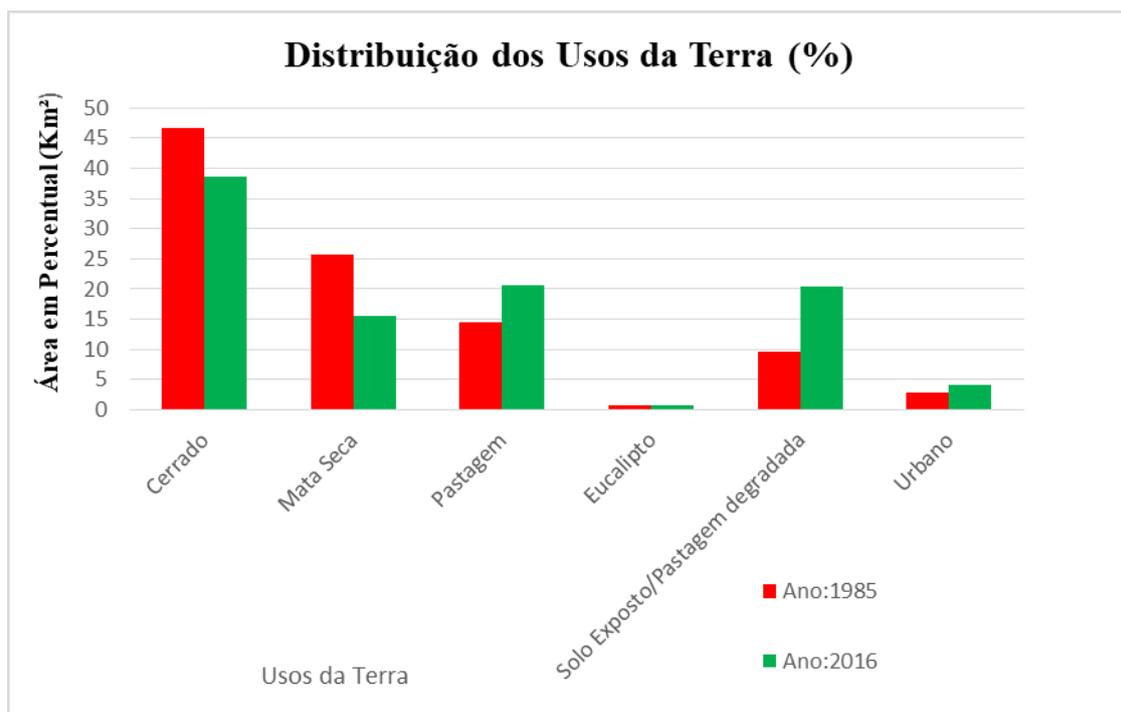
As áreas mapeadas como solo exposto/pastagem degradada, mostram um aumento significativo da distribuição do território da bacia, chegando a 10,79% da área de estudo, ao comparar os resultados de 1985 e 2016, sendo que em 2016 esta classe representava 20,39% do território. Vale ressaltar que, devido a confusão espectral da cena, pode ter havido mapeamento de áreas de afloramento rochoso dentro desta classe denominada de solo exposto, neste período de análise.

As áreas de Eucalipto mapeadas no período de 2016, compreendiam 0,83% do território, podendo ser observando crescimento desta classe ao se comparar com 1985, crescimento observado ao Norte e Noroeste da Bacia, seguindo a lógica regional, pois entre 2007 e 2015 no estado de Minas Gerais houve crescimento da produção de Eucalipto (BORGES; LEITE; LEITE, 2018).

Nas classes mapeadas como Pastagem, é notório crescimento e avanço significativos dentro do intervalo de 31 anos, aumento que representava 6,12 % de crescimento ao comparar 1985 a 2016, ou seja, representando 20,56% do território em 2016. Observa-se que as regiões Sul e Sudeste, além das margens do rio São Lambert, sofreram alterações

significativas no que diz respeito à conversão de mata nativa à pastagem. Salienta-se que o crescimento das pastagens é uma tendência de comportamento (STRASSBURG et al., 2017). Alterações estas que significaram supressão da extensão de mata nativa em 18,38%, analisando as duas classes nativas (Cerrado e Mata Seca). Sendo que, neste período de análise, a classe mapeada como Cerrado compreendia 38,55% do território mapeado, tendo assim decréscimo de 8,19%, comparado a 1985. Já as áreas mapeadas como Mata Seca, sofreram decréscimo de 10,19%, em comparação com o período analisado, 1985 (Figura 6). Este comportamento segue a dinâmica regional, pois estudos para o norte de Minas Gerais mostraram que houve decréscimo de ~3.300 km² de matas secas entre 2000 e 2015, com taxa anual de 1,2%, considerada alta, pois essas fitofisionomias são protegidas pela lei da Mata Atlântica (nº11.428/2006) (DUPIN et al., 2018).

Figura 6 – Usos da Terra de 1985 a 2016.

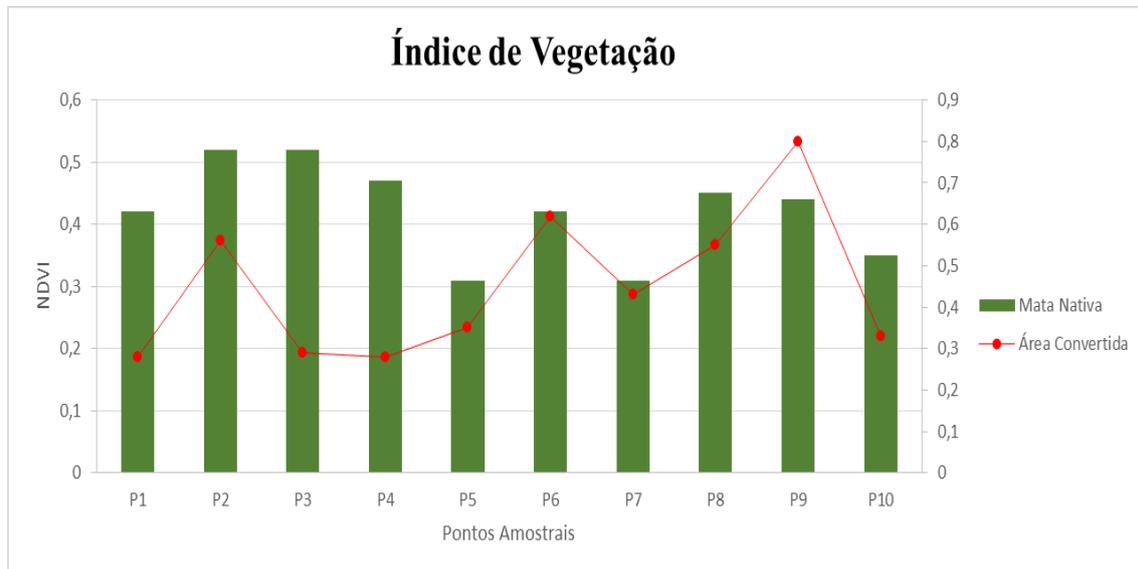


Org. Os Autores, 2017.

O uso do NDVI nesta análise será de extrema importância para entender a variabilidade dos usos da terra de maneira pontual, as amostras visam inferir sobre a área de vegetação nativa, seja esta Cerrado (arbóreo ou arbustivo) ou Mata Seca no período analisado em 1985, e manter o polígono de amostra na imagem para o período analisado em

2016, a fim de acompanhar os valores do NDVI diante da conversão do uso da terra e estabelecer um padrão dos seus valores nesta pesquisa, na Figura 7 seguem os dados:

Figura 7 - Variação do NDVI em amostras de mata nativa e área convertida.



Org. Os Autores, 2017.

Os valores do NDVI variam de -1 a 1, e representam a presença de vegetação na localidade. Quanto mais próximo de 0 menos vegetação haverá, e quanto mais próximo de 1, maior será o teor de vegetação. Entretanto, é importante pensar em diferentes cenários, pois o NDVI é influenciado por vários fatores, a exemplo a água. Dessa forma, o Cerrado no Norte de Minas precisa ser analisado com cuidado quanto ao NDVI considerando suas características fenológicas e arquitetura foliar, uma vez que, devido a sazonalidade climática e irregularidades nos índices pluviométricos os valores de NDVI de uma área de Cerrado pode ser baixo. Quanto aos pontos amostrados, a área no P1, no período de análise de 1985, foram amostradas áreas de Cerrado, tendo comportamento médio do NDVI de 0,42 e, valores mínimo e máximo estimados em 0,38 e 0,46 respectivamente, já para a área amostrada como convertida (no período em 2016), foram selecionadas áreas de pastagem, com mínimo de 0,23, máximo de 0,35 e médio de 0,28.

Para o P2, a área de vegetação nativa amostrada foi o Cerrado, obtendo valor médio de 0,52, mínimo de 0,47 e máximo de 0,55, já as áreas amostradas como processo de conversão em 2016, foram selecionadas áreas de pastagem, diante da foto-leitura, eram áreas de pasto bem tratado e/ou melhorada, fato este que conduziu esta amostra a valores

máximos de 0,61, mínimo de 0,51 e médio de 0,56. Este fato pode estar associado a biomassa presente nestes ambientes de pastagens melhoradas.

Com relação ao P3, nas análises referentes à vegetação nativa, foram selecionadas áreas de Cerrado arbustivo, obtendo valores médio, mínimo e máximo de 0,52, 0,48 e 0,55. Para as áreas amostradas no processo de conversão, foram selecionadas áreas de solo exposto e pastagens degradadas, tendo valor médio de 0,29, valor mínimo de 0,25 e máximo de 0,39. O valor mínimo tende a estar associado às áreas de solo exposto, devido à escassez de biomassa nestas áreas, já o valor máximo, às áreas de pastagens degradadas, uma vez que mesmo em estado de degradação têm biomassa relacionada à presença de vegetação.

Comportamento semelhante obteve o P4, onde foram selecionadas áreas de mata seca no período de 1985, com valor médio de 0,47, mínimo e máximo estimados em 0,41 e 0,54. A amostra denominada convertida representou áreas de solo exposto e pastagens degradadas, com valor médio de NDVI estimado em 0,28, máximo de 0,52 e mínimo de 0,19.

Nas amostras do P5 e P6, de vegetação nativa, analisou-se áreas de mata seca para P5 e Cerrado arbóreo para P6, no P5 os valores mínimo, médio e máximo, foram estimados em 0,27, 0,31 e 0,40, já as áreas convertidas para P5, representam áreas de solo exposto e pastagens degradadas, com valores mínimo, médio e máximo estimados em, 0,29, 0,35 e 0,39, tendo comportamento semelhante ao período analisado em 1985 com as áreas de mata seca sendo amostradas. No P6, com Cerrado arbóreo, foram estimados valores mínimo, médio e máximo de, 0,35, 0,42 e 0,45, esta amostra foi convertida em área de eucalipto, mostrou comportamento na seguinte ordem, mínimo 0,48, médio 0,62 e máximo de 0,81, estes valores relativamente altos, estão associados à grande concentração de vegetação densa nas áreas de eucalipto, típico de sua espécie, tendo também relação com a biomassa relacionada neste processo, uma vez que, as áreas de eucalipto absorvem grandes quantidades de energia solar (DOS REIS et al., 2014).

No tocante ao P7, foram amostradas áreas como mata nativa em 1985 de cerrado arbustivo, com valores mínimo, médio e máximo estimados em, 0,27, 0,31 e 0,47. Um fato interessante é que, ao amostrar como área convertida, encontrou-se áreas de Cerrado arbóreo, com valor médio estimado em 0,43, mínimo 0,31 e máximo em 0,57.

P8 e P9 foram áreas amostradas como cerrado arbóreo com valores médios estimados em 0,45 e 0,44, no período amostrado de 1985, já as amostras destas áreas foram

convertidas em 2016 a plantios de eucalipto, tendo comportamentos médios dos valores de NDVI estimados em 0,55 e 0,80.

Para o último ponto amostral analisado, o P10, foram selecionadas áreas de mata seca em 1985, com valor médio de 0,35, mínimo de 0,28 e máximo de 0,45. Já convertida em 2016 para áreas de pastagem melhoradas, representaram valores mínimo, médio e máximo de NDVI em 0,27, 0,35 e 0,57.

Diante dos dados expostos, pode-se inferir que o NDVI é uma ferramenta importante para demonstrar as variações nos usos da terra, porém é válido salientar que, é necessário que se faça análises pontuais do NDVI, não é recomendável utilizá-lo para mapear o uso da terra em grande escala, devido às nuances encontradas dentro de um conjunto geoecológico como esta bacia, uma vez que este índice tende a variar de acordo com estado da vegetação (JEONG et al., 2017), a disponibilidade hídrica (PIEDALLU et al., 2019), os pigmentos da vegetação (TAMÁS; NAGY; FARKASNÉ, 2019), entre outros fatores, fato comprovado nesta pesquisa, uma vez que em áreas antropogênicas, como pastagem e eucalipto, foram mostrados valores maiores de NDVI do que em áreas de vegetação nativa, principalmente a vegetação de Mata Seca, sendo que esta tem característica singular, no inverno perde seu sistema de folhagem alterando significativamente o NDVI (RANKINE et al., 2017).

Todavia, esta pesquisa mostrou-se eficiente na análise sobre variações temporais do uso da terra, seja por dados pontuais de NDVI ou mais expressivamente pela classificação supervisionada. Do ponto de vista da perda da mata nativa, por intervenções antropogênicas, tem reflexos significantes na fragmentação dos ambientes, influencia diretamente na redução da biodiversidade e o aumento do efeito de borda nos fragmentos das vegetações naturais (CLEMENTE; SANTOS, 2017).

Além disso, a perda extensiva das matas nativas tende a afetar diversas escalas, desde a micro a macro, este fator pode conduzir a danos severos nas propriedades tanto químicas, quanto físicas do solo, através de movimentos de massa.

Sendo assim, esta perda pode conduzir a variações climáticas e/ou termais à superfície terrestre, pois a vegetação nativa se torna um regulador térmico e consequentemente um regulador das variações climáticas em dado ambiente, devido à sua arquitetura e suas demais características.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da proposta de pesquisa, de mapear a evolução geográfica do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São Lamberto, bem como entender o comportamento do NDVI nas diferentes classes de usos da terra mapeadas com maiores variações e avanços territoriais na bacia, chegou-se à conclusão de que o NDVI é uma técnica eficiente para análises pontuais sobre a sua variação diante as conversões dos usos da terra, e que, diante o mapeamento do uso da terra, a bacia sofreu perdas significativas na sua cobertura geocológica.

Este cenário de perda de vegetação nativa em um ambiente como a bacia hidrográfica, que está em constante interação sistêmica, pode acarretar perturbações nos diversos elementos dentro desse sistema, como variações termais, erosão do solo, além de possíveis alterações no balanço hídrico.

Estas considerações são encerradas com destaque para as técnicas de Sensoriamento Remoto, que mostraram ser de extrema eficiência para as análises de mapeamento do uso da terra em períodos distintos, além da eficiência dos dados de NDVI. Por fim, ressalta-se que os conflitos frente ao avanço do agrohidronegócio e mineração emergem como contradições hodiernas, que demandam diagnósticos territoriais e ambientais acurados para o Norte de Minas e também para a bacia hidrográfica do Rio São Lamberto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, V. R. et al. Identificação de áreas aptas a barraginhas na Bacia do Rio São Lamberto. **Holos Environment**, v. 19, n. 2, p. 304–319, 2019.

BAEZA, S.; PARUELO, J. M. Land use/land cover change (2000–2014) in the Rio de la Plata grasslands: an analysis based on MODIS NDVI time series. **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 381, 2020.

BORGES, M. G.; LEITE, M. E.; LEITE, M. R. Mapeamento do eucalipto no estado de Minas Gerais utilizando o Sensor Modis. **Espaço Aberto**, v. 8, n. 1, p. 53–70, 2018.

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.

CECHIM JUNIOR, C.; JOHANN, J. A.; ANTUNES, J. F. G. Mapping of sugarcane crop area in the Paraná State using Landsat/TM/OLI and IRS/LISS-3 images. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 6, p. 427–432, 2017.

CLEMENTE, C. M. S.; SANTOS, P. S. Geotecnologias como suporte para análise da vegetação natural na sub-bacia hidrográfica do Rio Gavião (1988 a 2015). **Cerrados**, v. 15, n. 1, p. 98–113, 2017.

DE ALMEIDA, M. I. S.; BORGES, M. G.; RODRIGUES, H. L. A. Análise Comparativa de Fitofisionomias em Áreas de Bacias Hidrográficas do Rio São Lamberto e do Rio Vacaria, Minas Gerais–MG com Uso de Sensoriamento Remoto. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 6, n. 9, p. 139–156, 2017.

DENG, Y. et al. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1–12, 2018.

DOS REIS, M. G. et al. Balanço hídrico e de energia para plantios de eucalipto com cobertura parcial do solo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 117–126, 2014.

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.

DURÃES, M. C. O. et al. Caracterização dos impactos ambientais da mineração na bacia hidrográfica do rio São Lamberto, Montes Claros/MG. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 49–61, 2017.

FAN, X. et al. Compositing the Minimum NDVI for Daily Water Surface Mapping. **Remote Sensing**, v. 12, n. 4, p. 700, 2020.

FERREIRA, G. H. C.; DA SILVA, R. G.; DA SILVA, F. A. A territorialização camponesa e do agronegócio no Norte de Minas: algumas leituras preliminares. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 97, p. 21–41, 2017.

FERREIRA, G. H. C.; SILVA, L. A. P. DA. Mapeamento do uso da terra no município de Várzea da Palma por geotecnologias. **Elisee: Revista de geografia da UEG**, v. 7, n. 1, p. 85–102, 2018.

JEONG, S.-J. et al. Application of satellite solar-induced chlorophyll fluorescence to understanding large-scale variations in vegetation phenology and function over northern high latitude forests. **Remote sensing of Environment**, v. 190, p. 178–187, 2017.

MAYFIELD, H. J. et al. Considerations for selecting a machine learning technique for predicting deforestation. **Environmental Modelling & Software**, v. 131, p. 104741, 2020.

PIEDALLU, C. et al. Soil and climate differently impact NDVI patterns according to the season and the stand type. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 2874–2885, 2019.

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. 105007, 2017.

ROBINSON, N. P. et al. A dynamic Landsat derived normalized difference vegetation index (NDVI) product for the conterminous United States. **Remote Sensing**, v. 9, n. 8, p. 863, 2017.

SHI, P. et al. Land-use changes and check dams reducing runoff and sediment yield on the Loess Plateau of China. **Science of the Total Environment**, v. 664, p. 984–994, 2019.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 1–3, 2017.

TAMÁS, J.; NAGY, A.; FARKASNÉ, B. G. Beyond NDVI-Spectral indexing of biomass. **Journal of Agricultural Informatics**, v. 10, n. 2, p. 28–36, 2019.

TELES, R. P.; DA SILVA, M. L. G.; RIBEIRO, A. J. A. Avaliação geoespacial da expansão do aglomerado urbano Crajubar utilizando inteligência geográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 423–433, 2020.

THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I. A. L.; DOS SANTOS, A. R. Identificação de Fragmentos Florestais Potencias para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 02, p. 595–612, 2020.

XIE, Y. et al. Changes in soil erosion in cropland in northeastern China over the past 300 years. **Catena**, v. 176, p. 410–418, 2019.

WU, C. et al. Land surface phenology derived from normalized difference vegetation index (NDVI) at global FLUXNET sites. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 233, p. 171–182, 2017.

Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Doutor em Geografia Humana pela USP. Professor do Departamento de Geociências e PPGE – Unimontes.

Lucas Augusto Pereira Silva – Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia na Universidade Estadual de Montes Claros. Integrante do Laboratório de Geoprocessamento da UNIMONTES e Bolsita CAPES.

Rodrigo Praes de Almeida – Doutorando em Produção Vegetal pela UFVJM. Mestre em Produção Vegetal pela UFMG. Bolsista FAPEMIG.

Recebido para publicação em 14 de Maio de 2020.

Aceito para publicação em 06 de Julho de 2020.

Publicado em 11 de Julho de 2020.