

Análise multitemporal da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul

Multitemporal analysis of vegetable coverage in the hydrographic basin of Ceroula stream, Mato Grosso do Sul

Análisis multitemporal de la cubierta vegetal en la cuenca del arroyo Ceroula, Mato Grosso do Sul

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira¹
Rennan Vilhema Pirajá¹

Recebido em: 20/04/2020; revisado e aprovado em: 28/12/2020; aceito em: 26/02/2021
DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3023>

Resumo: As bacias hidrográficas compreendem uma porção da superfície terrestre onde as águas superficiais convergem para um exutório, podendo ser encontradas em várias escalas e usadas como unidades de planejamento. Este trabalho objetiva avaliar as mudanças ocorridas na paisagem da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Estado de Mato Grosso do Sul, por meio da análise da cobertura vegetal e do uso da superfície da bacia em um recorte temporal de vinte e nove anos. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 TM, de 03/08/1987 e 04/08/2005, e Landsat 8 OLI, de 02/08/2016, para obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, em inglês); posteriormente, foi realizada a quantificação das classes representativas da superfície. Os resultados obtidos indicam que mais da metade da cobertura vegetal nativa da bacia foi substituída por atividades antrópicas e que a fitomassa florestal remanescente está relacionada às matas de galeria, enquanto as áreas desmatadas encontram-se nos interflúvios e no entorno de nascentes. O processo de desmatamento na região pode ameaçar a bacia como manancial de abastecimento da cidade de Campo Grande, já que, no interior desta, está localizada a Área de Preservação Ambiental do Ceroula, criada visando preservar os recursos hídricos para abastecimento urbano.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; geoprocessamento; Cerrado; Área de Preservação Ambiental.

Abstract: The watersheds comprise a portion of the land surface where the surface waters converge to a river mouth and can be found at various scales and used as planning units. This work aims to discuss the changes in the landscape of the Ceroula Stream Basin in the State of Mato Grosso do Sul, through an analysis of the coverage and use of the basin surface in a twenty-nine-year temporal cut. Images from the Landsat 5 TM satellites – August 3, 1987, and August 4, 2005 – and Landsat 8 OLI – August 2, 2016 – were used to obtain the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and later quantification of representative classes of the surface. The results indicate that more than half of the native vegetation cover of the basin was replaced by anthropic activities and that most of the remaining forest biomass is related to gallery forests, while the deforested areas are located in the interfluvium and in the surroundings of springs. The process of deforestation in the region may threaten the basin as a source of supply for Campo Grande city, since within it is located the Environmental Preservation Area of Ceroula, created to preserve water resources for urban supply.

Keywords: remote sensing; geoprocessing; Cerrado; Environmental Preservation Area.

Resumen: Las cuencas hidrográficas comprenden una porción de la superficie terrestre donde las aguas superficiales convergen a un exudatorio, que se puede encontrar a varias escalas y utilizar como unidades de planificación. Este trabajo tiene como objetivo evaluar los cambios ocurridos en el paisaje de la cuenca hidrográfica del arroyo Ceroula, en el estado de Mato Grosso do Sul, a través del análisis de la cubierta vegetal y el uso de la superficie de la cuenca en un período de tiempo de veintinueve años. Se utilizaron imágenes de los satélites Landsat 5 TM, del 03/08/1987 y 08/04/2005, y Landsat 8 OLI, de 02/08/2016, para obtener el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, en inglés); posteriormente, se realizó la cuantificación de las clases representativas de la superficie. Los resultados obtenidos indican que más de la mitad de la cubierta vegetal nativa de la cuenca ha sido reemplazada por actividades humanas y que la fitomasa forestal restante está relacionada con los bosques de galería, mientras que las áreas deforestadas se encuentran en las interfluvios y en los manantiales circundantes. El proceso de deforestación en la región puede amenazar a la cuenca como fuente de suministro para la ciudad de Campo Grande, ya que, dentro

¹ Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.



de esta, se encuentra el Área de Preservación Ambiental de Ceroula, creada para preservar los recursos hídricos para el suministro urbano.

Palabras clave: teledetección; geoprocusamiento; Cerrado; Área de Preservación Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Sensoriamento remoto é a técnica que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície, gerando informações que são processadas, analisadas e interpretadas (FLORENZANO, 2011).

Uma das técnicas de processamento e análise bastante utilizada em sensoriamento remoto é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), baseado na razão entre as bandas dos satélites que captam respostas espectrais diferentes para a vegetação. As mais apropriadas são do comprimento de onda do vermelho, por ser absorvida pelas folhas, e infravermelho, pelo alto grau de refletância pelas folhas (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

A gama de trabalhos publicados com índices de vegetação associados a recursos hídricos é bastante ampla, podendo-se citar, por exemplo, Lima *et al.* (2013), avaliando o índice de cobertura vegetal por NDVI na sub-bacia das Posses, Sistema Cantareira, Extrema, Minas Gerais. Essa metodologia vem sendo empregada por meio de imagens obtidas por diversos satélites orbitais, de baixa, média e alta resolução espectral, possuindo aplicações em áreas diversas, tais como análise de culturas agrícolas, pastagens e vegetação nativa em diferentes situações.

Um importante bioma, fundamental para diversas bacias hidrográficas do Brasil, tais como a Amazônica, do Paraná e do Paraguai, entre outras, é o Cerrado (DIAS, 1994). Nas últimas décadas, este bioma tem sofrido uma grande pressão antrópica, com a substituição de formações vegetais nativas, importantes para a preservação dos recursos hídricos, por pastagens e áreas agrícolas. Segundo Sano *et al.* (2007), foi quantificada em 32% a área de Cerrado remanescente no Estado de Mato Grosso do Sul. Ross (2009) descreve que 70% a 80% das terras do bioma foram ocupadas por pastagens plantadas com capim-braquiária e campos agrícolas de cultivo mecanizado, nas últimas décadas, transformando radicalmente os espaços naturais com o surgimento de diversas cidades e núcleos agroindustriais. Como os processos de supressão vegetal continuam, sua área, a cada ano, torna-se mais fragmentada e restrita a determinadas regiões.

Por este motivo, uma importante ferramenta para a confecção de material temático utilizado em análise ambiental seria o uso das geotecnologias, usadas na elaboração de diagnósticos e prognósticos ambientais. Nesse sentido, destacam-se os mapeamentos do meio físico e da cobertura vegetal correlacionada com as atividades socioeconômicas, como instrumentos que subsidiam a elaboração de zoneamentos ambientais.

Assim, a aplicação de geotecnologias torna-se uma importante ferramenta para a proteção de áreas estratégicas à conservação, fornecendo dados sobre as mudanças ocorridas na paisagem pelas atividades humanas e melhorando a compreensão da sua situação atual. A utilização de imagens permite o monitoramento de áreas sensíveis para o crescimento das áreas urbanas, protegendo, por exemplo, mananciais de abastecimento ou com potencial para uso futuro.

Levando-se em consideração a importância dos recursos hídricos, o município de Campo Grande criou a Área de Proteção Ambiental (APA) do córrego Ceroula, em 2001, uma Unidade de

Conservação da modalidade Uso Sustentável, por meio do Decreto 8.264 (Diário Oficial n. 873, de 27 de junho de 2001), situada na região noroeste do município. O córrego e seus tributários são considerados como o futuro manancial de abastecimento de água da cidade e compõem o corredor ecológico do Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Integrado das Bacias dos rios Miranda e Apa, importantes na formação da planície de inundação do Pantanal.

Na região, também é encontrada a Comunidade de Agricultores Familiares Tradicional Rural do Aguão, com mais de 50 anos de existência, e o assentamento Conquista (criado em 2001), formado por meio do Programa Nacional da Reforma Agrária. Em 2003, também foram implementadas as Comunidades de Agricultura Familiar Sucuri, Só Alegria, Beleza Pura e Vale do Sol, por meio do Programa Nacional de Crédito Fundiário.

Além destes fatores, por situar-se próxima ao perímetro urbano e abranger um considerável ponto de ruptura de declive, a bacia apresenta potencial turístico, devido às quedas d'águas dos tributários, destacando-se as cachoeiras do Inferninho e Ceuzinho, além do mirante do Morro do Ernesto, utilizado como rampa de voo de asa-delta.

Levando-se em consideração a importância de avaliar o impacto ambiental da ocupação antrópica, não apenas na APA em questão, mas em seu entorno, este estudo objetivou determinar e quantificar as classes de vegetação da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, utilizando o índice de vegetação por diferença normalizada, em um recorte temporal de vinte e nove anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Ceroula está localizada no bioma Cerrado e se localiza na parte noroeste do município de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), abrangendo também áreas dos municípios de Rochedo e Terenos. A cabeceira do córrego e seus tributários encontram-se sobre o relevo de cuestas que formam o divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios Paraná e Paraguai, com grande parte localizando-se na porção geomorfológica denominada Terceiro Patamar da Borda Ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná (SEPLAN, 1990).

Por meio de visitas *in loco* (verdade real), foi identificada a predominância vegetativa nas áreas de cabeceira como sendo de matas secundárias e pastagens, com alguns fragmentos herbáceos acompanhando os canais de primeira ordem. Em locais de nascentes e formações florestais, foram identificadas as espécies mais comuns, onde ocorria a retirada seletiva de madeira e o tipo de formação (primária ou secundária). No *front* da cuesta, observou-se vegetação mais densa, característica de formação florestal submontana, e, no terceiro patamar, fragmentos de formações savânicas alternando-se com encaves de florestas aluviais correspondentes as formações ripárias dos córregos.

A rede de drenagem da bacia apresenta-se em padrão dendrítico com a foz do córrego Ceroula no rio Aquidauana (Figura 1). No terceiro patamar, os interflúvios dos tributários do Ceroula, como os córregos Angico, Mateira, Retiro e Piraputanga, apresentam modelados tabulares bastante desgastados e declividades suaves que proporcionam relevos planos. Devido a esta configuração, a área é bastante antropizada, com as principais atividades encontradas sendo a pecuária e a agricultura.

2.2 Aquisição e tratamento das imagens da bacia hidrográfica

O processo de extração dos canais de drenagem e a delimitação da bacia foram realizados de forma automática, por meio da carta: SF-21-X-B do Modelo Digital de Elevação – *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). A partir da seguinte sequência na caixa de ferramentas *ArcToolbox* do ArcGis 10: *Spatial Analyst Tools, Hydrology, Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Flow Length, Stream Order (Strahler), Con e Basin*, foram obtidos os arquivos *shapefiles* da drenagem e da bacia. O arquivo *shapefile* da Área de Proteção Ambiental do Ceroula foi obtido no banco de dados do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul.

Em seguida, foram selecionadas as imagens dos satélites orbitais: Landsat 5 TM, de 03/08/1987 e 04/08/2005, obtidas no *website* do INPE (www.inpe.gov.br); e Landsat 8 OLI, de 02/08/2016, obtida no *website EarthExplore* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). As imagens foram do mês de agosto, período de seca na região e, conseqüentemente, menor cobertura de nuvens, em que parte da vegetação perde suas folhas devido ao *deficit* hídrico estacional. A análise de áreas de vegetação nativa por meio do NDVI durante a estação seca é importante para identificar a presença de fitomassa fotossinteticamente ativa, o que permite destacar as classes e sua distribuição espacial.

Foi realizado o georreferenciamento das imagens utilizando 20 pontos de controle e a correção atmosférica, para a transformação de valores digitais em valores de reflectância, por meio dos dados de reflectância obtidos no arquivo metadados das imagens “_MTL.txt”. Primeiramente, foi utilizada a fórmula disponibilizada no sítio da USSG e adaptada para a calculadora *raster* do ArcGis, seguindo a sequência:

Reflectância de topo da atmosfera (Conversion TOA reflectance) - $p\lambda = Mp * Qcal + Ap$, em que $p\lambda$ = Reflectância do topo da atmosfera; Mp = REFLECTANCE_MULT_BAND_X; Ap = REFLECTANCE_ADD_BAND_X; e $Qcal$ = A banda em *Digital Number*.

Em seguida, a reflectância foi dividida pelo seno da angulação solar: $p\lambda = p\lambda / \sin(\theta_{se})$, em que $p\lambda$ = Reflectância do topo da atmosfera; θ_{se} = Angulação solar: SUN_ELEVATION; e θ_{sz} = Seno da angulação solar: $\theta_{sz} = 90^\circ - \theta_{se}$.

Para confecção e obtenção dos mapas de NDVI, foram realizados os recortes das faixas ou bandas dos sensores referentes ao vermelho (V) e infravermelho próximo (IV), com o arquivo *shapefile* da bacia. Os mapas foram confeccionados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 10, de acordo com a seguinte razão proposta por Rouse *et al.* (1973) para obtenção do índice:

$$NDVI = \frac{IV - V}{IV + V}$$

A pesquisa de campo foi realizada nos dias 10/08/2016 e 11/08/2016, para observação e análise da paisagem. Foram coletados 10 pontos com o GPS Óregon 850, espacializados nas imagens, para identificação dos padrões característicos observados na verdade terrestre.

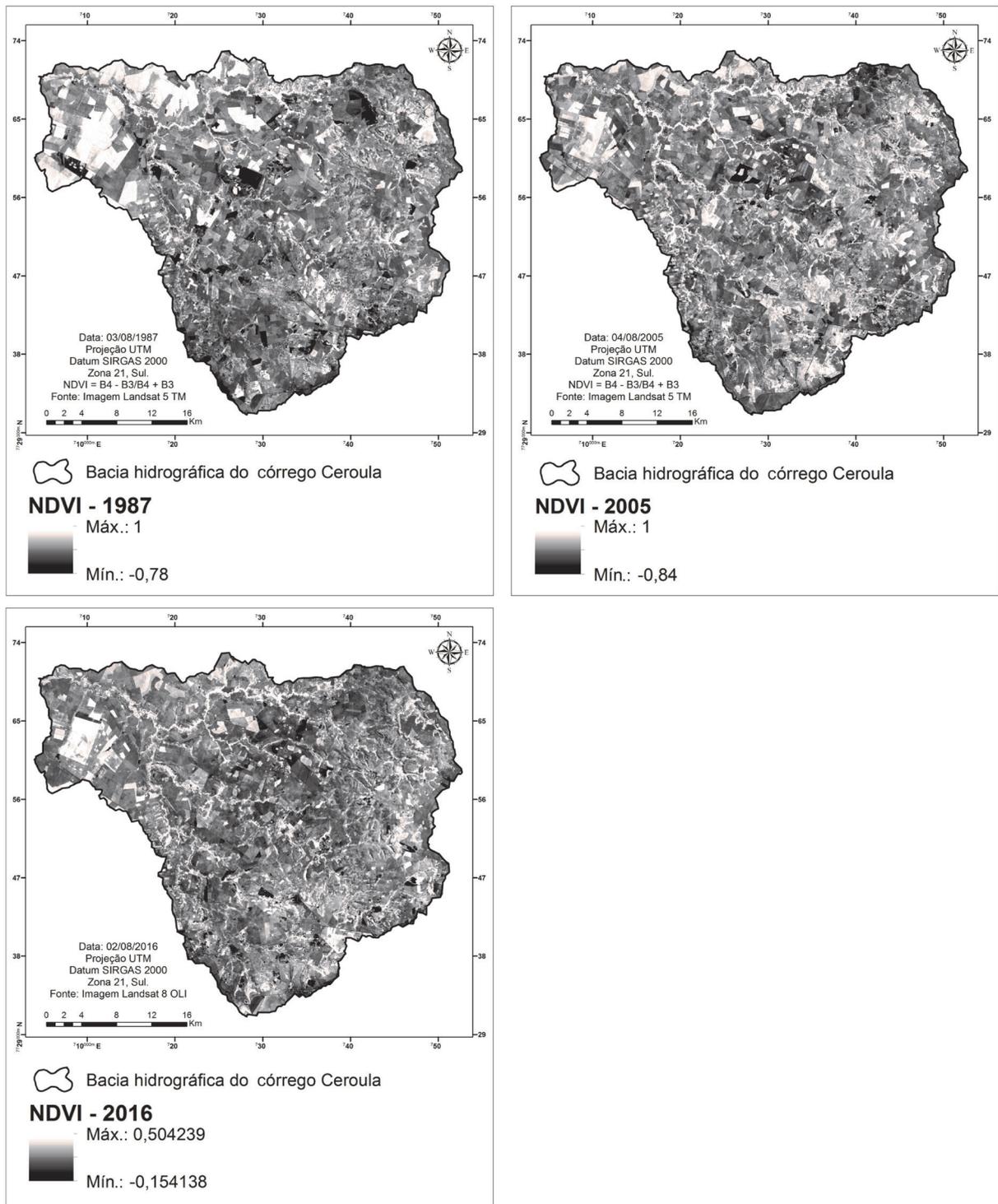
Após a análise realizada por meio da pesquisa de campo e a obtenção dos mapas de NDVI, para as respectivas datas, foi realizada a classificação das imagens pelo algoritmo *Natural Breaks* do ArcGis 10, de acordo com as 4 classes representativas da paisagem (Formações Florestais, Cerrado, Pastagem e Áreas sem Fitomassa). Elas são correspondentes a quatro intervalos numéricos que agrupam respostas espectrais semelhantes nas imagens e compatíveis na classificação, resultando em um mapa temático, a partir do qual se pôde fazer o cálculo das áreas classificadas.

- Formações Florestais, com predomínio de espécies arbóreas e dossel contínuo ou descontínuo, referente às formações ripárias que acompanham os córregos e aos fragmentos florestais associados aos cerradões, com resposta espectral bastante alta devido à fitomassa. Apresentam cor verde brilhante, textura relativamente rugosa e forma geométrica irregular.
- Cerrado em sentido restrito, associado às típicas formações de savana, caracterizado por vegetação arbustiva e/ou arbórea de pequeno porte, podendo englobar áreas em regeneração, sem dossel contínuo. Apresenta cor verde menos intensa, textura relativamente rugosa e forma geométrica irregular ou regular, quando com fragmentos isolados entre as propriedades rurais.
- Pastagem, relativa à resposta espectral de fitomassa rasteira, abrangendo campos de braquiária, normalmente. Apresenta cores claras, variando entre o branco e rosa, textura relativamente lisa e forma geométrica regular.
- Áreas sem Fitomassa, classe referente às áreas completamente desnudadas, característica de atividades encontradas na região, tais como: pedreiras, estradas e áreas em processo de preparação do solo para atividade agropecuária ou pastagens muito degradadas, com baixíssima ou total ausência de resposta espectral para fitomassa. Correspondem aos intervalos negativos e muito próximos de “0”, apresentando cores escuras variando na tonalidade magenta, textura lisa e forma geométrica regular.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicaram que a bacia possui uma área de 1.270,74 km², e a APA do Ceroula, 575,46 km². A variação de pixels observada foi de -0,78 a 1 (1987) e -0,84 a 1 (2005), atingindo o valor de índice máximo de fitomassa. Por outro lado, em 2016, a variação foi compreendida entre -0,15 e 0,50, indicando fitomassa com menor vigor (Figura 2), o que sugere uma diminuição de biomassa (perda da complexidade da vegetação).

Figura 2 – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul, em agosto de 1987, 2005 e 2016



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em determinadas situações, diferenças encontradas nos índices também podem estar relacionadas a oscilações climáticas e variações nos regimes pluviométricos, tendo em vista que as respostas espectrais referentes aos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho, na vegetação, são bastante sensíveis à influência das chuvas (FLORENZANO, 2011). Isto ocorre

porque a água propicia a produção de maior fitomassa, interferindo na reflectância. Como as datas de visualização das imagens estão inseridas em período de seca, em que a vegetação já se encontrava sob estresse hídrico, esta probabilidade foi desconsiderada. Desta maneira, os resultados indicam que a variação encontrada está relacionada à perda de fragmentos de matas mais densas, o que foi observado por meio das imagens avaliadas.

Nas visitas *in loco*, foi observado que várias áreas de nascentes e margens dos córregos apresentaram ausência de Áreas de Preservação Permanente, preconizadas pelo Código Florestal. Nestes locais, o uso inadequado da área ao redor das nascentes pode levar à compactação do solo, o que, sem a presença de vegetação, dificulta a infiltração das águas das chuvas e seu armazenamento no lençol freático e, conseqüentemente, reduzem-se as vazões das nascentes, dos córregos, rios e riachos. Esta situação foi observada em trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2017), avaliando a APA dos mananciais do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

A presença de formações ripárias também não significa que este tipo de vegetação esteja preservado, pois ocorre a retirada seletiva de madeira, levando à formação de matas secundárias. As visitas *in loco* indicaram que as formações ripárias apresentavam uma considerável proporção de espécies pioneiras e secundárias, de pequeno diâmetro, apontando processos de sucessão vegetal, com a presença de árvores características. Entre estas, podem ser citadas *Cecropia pachystachya* Trécul, *Croton urucurana* Baill., *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, *Luehea divaricata* Mart., *Miconia albicans* (Sw.) Steud., *Ocotea velloziana* (Meisn.) Mez, *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez, *Tapirira guianensis* Aubl., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia emarginata* Mart., por exemplo.

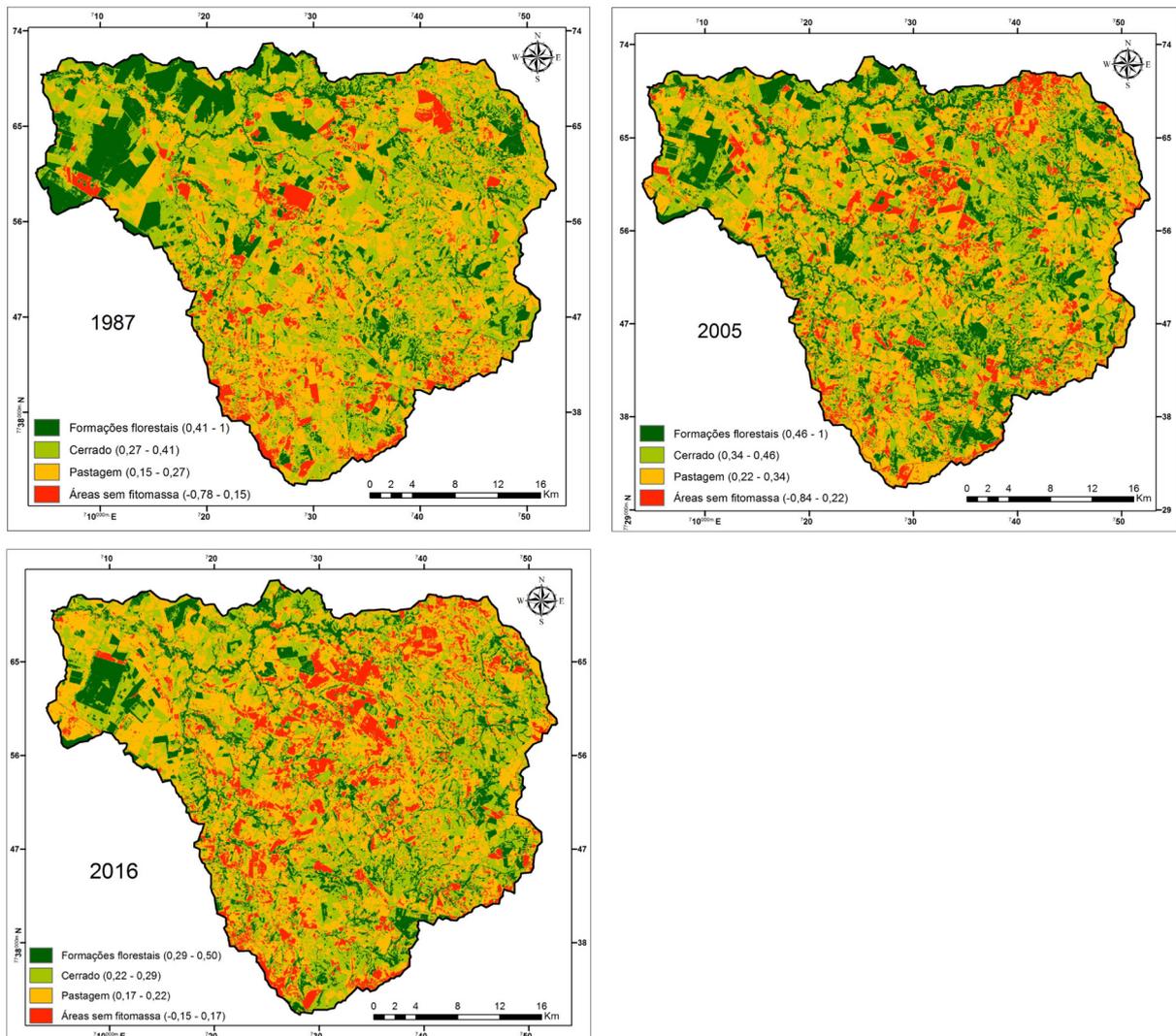
Este processo, em que ocorre uma predominância de espécies pioneiras, demonstrando processos de supressão vegetal, também foram apontados por Oliveira *et al.* (2017), na APA dos Mananciais do córrego Guariroba, com os autores citando que a criação da APA não foi suficiente para preservar adequadamente a vegetação nativa.

Uma característica observada no bioma Cerrado e nas bacias hidrográficas localizadas no limite territorial do Estado de Mato Grosso do Sul é apresentar uma grande parte de sua cobertura original muito descaracterizada, fato demonstrado por Oliveira *et al.* (2009), avaliando a cobertura vegetal da Serra de Bodoquena, Paranhos Filho *et al.* (2014), trabalhando na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal, e Andrade *et al.* (2020), no Pantanal do Abobral.

Tal situação também ocorreu na bacia hidrográfica do córrego Ceroula, com a supressão da vegetação e fragmentação da paisagem, conforme demonstrado na sequência temporal dos mapas temáticos (Figura 3). Em relação à classe Áreas sem Fitomassa, os resultados indicam aumento gradual desses espaços, concentrados na parte central da bacia do córrego Ceroula. Em 1987, as áreas dos solos expostos das propriedades estão dispersas, caracterizadas por polígonos maiores. Já entre 2005 e 2016, apresentam-se em polígonos mais definidos, em parcelas menores e coloração mais escura na imagem Landsat, representadas em tonalidade na cor vermelha, característica de solos gradeados, alternando-se com áreas de pastagem, em diferentes estágios de conservação.

Esta característica indica que a criação de assentamentos, a partir de 2001, levou a uma alteração nos processos de ocupação e cultivo da região. De acordo com Araújo e Souza (2003), a ocupação de locais de maneira incorreta leva a alterações na dinâmica da paisagem, causadas principalmente por desmatamentos, uso inadequado do solo, invasões em Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal e retirada seletiva de madeira, entre outros impactos, levando ao empobrecimento da fauna e flora.

Figura 3 – Mapas de classificação automática das imagens NDVI da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul, anos de 1987, 2005 e 2016



Fonte: Elaborado pelos autores.

A classificação realizada com o algoritmo *Natural Breaks*, nas imagens processadas com o índice de vegetação NDVI, apresentou valores adequados para a identificação dos padrões que foram estabelecidos como classes de vegetação nativa, campestre e áreas sem fitomassa. De acordo com as comparações realizadas entre os mapas temáticos, obtidos com as imagens classificadas, e as imagens Landsat 8, na composição de bandas R5G4B3 em falsa-cor, e nas pesquisas de campo, observou-se que as classes estabelecidas neste trabalho se destacaram visualmente, facilitando a análise realizada e representada nesta escala.

Apesar da classificação pelo NDVI ter destacado as classes de vegetação e as áreas sem fitomassa a contento, não se observou resposta espectral para os corpos hídricos, referentes a pequenas porções de água dispersas na bacia (lagoas e/ou nascentes), que se mesclaram às áreas com fitomassa. Esta característica do NDVI inviabiliza o método para uso em análise de paisagens em que devam ser estimados valores quantitativos para corpos hídricos, e esta situação pode ser explicada devido à característica de absorção do espectro do infravermelho pela lâmina d'água.

Os dados obtidos com a quantificação das classes indicaram a perda de vegetação nativa, com a redução das classes Formações Florestais e Cerrado (Tabela 1). Esta nova estrutura apresentaria menor fitomassa, resultado da perda de espécies e indivíduos, derivado de processos de desmatamento para a implementação de atividades agropecuárias e também da retirada seletiva de madeira, utilizada para a construção de estruturas rurais, como cercas e moradias, por exemplo.

Tabela 1 – Quantificação das classes representativas de paisagem (km² e percentual) na bacia do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul, anos de 1987, 2005 e 2016

Classes	1987		2005		2016	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Formações Florestais	241,60	19,02	261,62	20,58	194,62	15,32
Cerrado	448,22	35,29	411,68	32,39	394,65	31,05
Pastagem	474,40	37,36	472,42	37,17	514,00	40,45
Áreas sem Fitomassa	105,52	8,33	125,03	9,83	167,47	13,18
Total	1.270,74	100	1.270,74	100	1.270,74	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação às Formações Florestais, pode-se perceber um pequeno aumento nesta classe, entre os anos de 1987 e 2005, indicando sua recuperação. Este fato provavelmente está relacionado ao abandono de antigas áreas de pastagens degradadas, que, devido ao processo de sucessão vegetal, voltaram a apresentar vegetação arbórea de maior porte. De acordo com Peron e Evangelista (2004), 80% das pastagens cultivadas no Brasil Central encontravam-se em algum estágio de degradação.

Este processo ocorre quando os proprietários rurais, descapitalizados, não conseguem reformar antigos pastos, que, com o decorrer do tempo, voltam a ser ocupados por espécies arbóreas pioneiras e secundárias. Porém, em 2016, o processo de perda das formações florestais voltou a ser percebido, diminuindo 3,7% em relação a 1987, indicando avanço no cultivo de espécies exóticas em antigas áreas florestais e/ou pastos abandonados, conforme visualizado *in loco*.

Avaliando-se as perdas das Formações Florestais e áreas de Cerrado, entre 1987 e 2016, pode-se perceber a redução destas áreas de 19,02% para 15,32% e 35,29% para 31,05%, respectivamente, demonstrando que o processo de retirada da vegetação nativa é contínua, fator relacionado aos processos de ocupação agropecuária. Estas perdas se concentraram principalmente no entorno do exutório do córrego Ceroula e das nascentes dos seus tributários. Estes processos de alteração das classes de vegetação podem levar a efeitos deletérios, tais como a erosão pluvial dos solos, de forma a ocasionar a erosão laminar, em sulcos e ravinas, por exemplo, gerando uma maior quantidade de sedimentos nos córregos tributários e diminuição de reposição do lençol freático.

Conforme Guerra e Cunha (2013), a degradação dos solos não causa problemas apenas nas áreas onde ocorre, pois, com a redução da fertilidade e perda de nutrientes no latossolo, poderão surgir sulcos, ravinas ou até voçorocas, que impossibilitam as atividades agrícolas nos assentamentos, levando a impactos locais, e com carreamento do material que é erodido, causando o assoreamento de rios e reservatórios a jusante.

O problema de grandes áreas desmatadas já foi discutido por Sano *et al.* (2007), que, ao mapearem a cobertura vegetal do bioma Cerrado, constataram que a porcentagem de cobertura natural encontrada foi de 60,5%; dos 123,7 milhões de hectares de cobertura vegetal nativa encontrada, apenas 32% correspondem a formações florestais. De acordo com o estudo de Dias (1994), sobre o desmatamento no Cerrado, em 1985, algumas regiões já chamavam atenção pelas grandes áreas desmatadas, destacando-se o Estado de Goiás, leste de Mato Grosso do Sul, centro do Tocantins, extremo oeste da Bahia e Triângulo Mineiro. O estudo indicou que 37% de área do bioma havia sido convertida em paisagem antropizada.

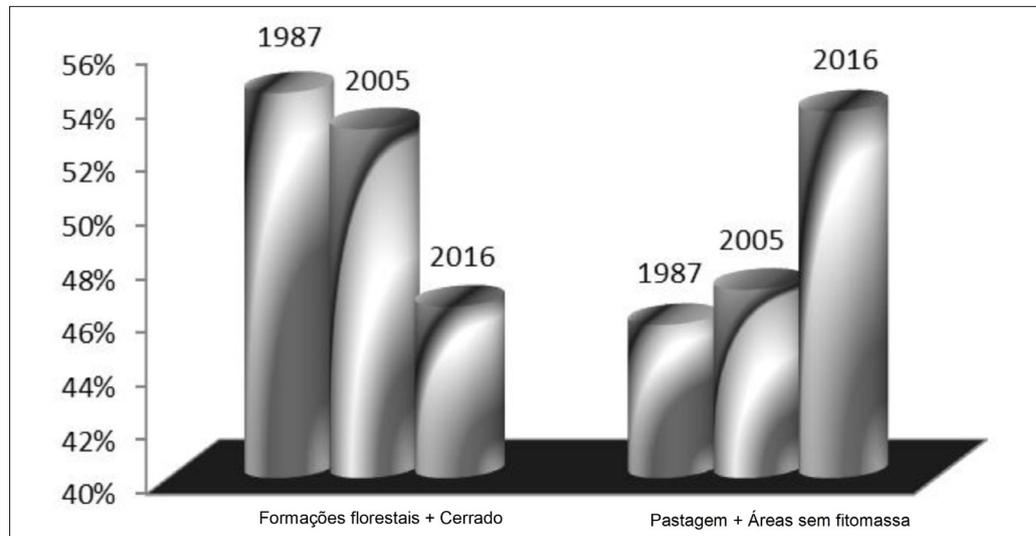
Conforme Ross (2009), nas três últimas décadas, os campos cerrados do Brasil Central que eram utilizados na pecuária extensiva foram cultivados com braquiária e transformados em áreas para a pecuária de cria e corte; a agricultura de subsistência, em extensas monoculturas mecanizadas, eliminando os fragmentos de vegetação nativa. Segundo Sano *et al.* (2007), foram quantificados apenas 7% de cobertura campestre e 61% de área correspondente à formação savânica no bioma Cerrado.

Outros estudos demonstraram a perda de vegetação e o aumento das atividades agropecuárias no bioma, com resultados similares aos encontrados para a bacia do córrego Ceroula. Gouveia *et al.* (2013), ao aplicarem o Índice de Transformação Antrópica na análise multitemporal da bacia do córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra, Mato Grosso (1984 e 2011), constataram grandes transformações na paisagem, com o índice aumentando de 4,75 para 5,88. Ou seja, onde a área de estudo era classe regular, passou a ser degradada, em 2011, com o aumento das atividades antrópicas.

Apenas a criação de uma Área de Proteção Ambiental não promove a imediata recuperação e/ou preservação de uma área de interesse ambiental. Tal situação é visualizada nos resultados apresentados por Oliveira *et al.* (2017), avaliando a APA dos Mananciais do córrego Guariroba. Os autores demonstraram que, apesar da criação da APA, a existência de solos descobertos continuaram aumentando, até atingir 49,17% em 2017, trazendo junto todos os problemas relacionados aos solos expostos.

Em 1987, na bacia do córrego Ceroula, a soma do percentual das formações nativas totalizava 54,31%, e a das classes antropizadas, 45,69%. Já em 2005, o percentual começou a inverter, apresentando 52,97% de formações nativas e 47% de áreas antropizadas. E, em 2016, 46,37% e 53,63%, respectivamente. Dentro do recorte temporal analisado, os resultados indicam a perda de fitomassa nativa e o aumento de áreas antropizadas em mais da metade da área da bacia hidrográfica (Figura 4).

Figura 4 – Comparativo entre as classes Formações Florestais e Cerrado (sentido restrito) e Pastagem e Áreas sem Fitomassa, bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul, anos de 1987, 2005 e 2016



Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar de, muitas vezes, ter o respaldo legal, o processo de desmatamento sem levar em consideração a correta delimitação das Áreas de Preservação Permanente, como as localizadas no entorno das nascentes, além do não cumprimento da manutenção da vegetação na forma dos 20% de Reserva Legal (Código Florestal), torna a bacia mais vulnerável. Esta situação ameaça a biodiversidade pela falta de corredores ecológicos e afeta a disponibilidade de recursos hídricos, conforme relatado por Gouveia *et al.* (2013), em Tangará da Serra, e Oliveira *et al.* (2017), na APA dos Mananciais do córrego Guariroba.

De acordo com Pirajá e Resende Filho (2019), a rede de drenagem do córrego Ceroula é mais propícia ao escoamento superficial e à concentração do fluxo hídrico no exutório final, próximo ao rio Aquidauana. A curta extensão dos seus tributários e o alto gradiente topográfico de suas nascentes favorecem respostas rápidas do fluxo hídrico durante os períodos chuvosos, sendo a substituição de vegetação natural por pastagens o fator mais impactante, pois favorece o carreamento de sedimentos, comprometendo a dinâmica hídrica da bacia.

Desta maneira, alterações na cobertura vegetal se tornam um problema para a manutenção dos recursos hídricos, sendo importante a criação de áreas protegidas e seu efetivo zoneamento, preservando os remanescentes vegetais, fornecedores de serviços ambientais, tais como a manutenção dos recursos hídricos.

A importância da vegetação no ciclo hidrológico é bem conhecida, pois ela atua na redução de energia do escoamento superficial, no aumento da taxa de abastecimento dos aquíferos, além de evitar a erosão e sedimentação dos rios e das represas e perdas econômicas relacionadas ao abastecimento urbano. Foi por esses motivos que ocorreu a criação da APA do Ceroula. Porém, apenas a criação de uma APA não significa, necessariamente, sua conservação, se não é observado o contexto da inserção da área e seu entorno, que continua sendo alterado, gradativamente. Quando a manutenção da vegetação em áreas mais sensíveis não ocorre, a diminuição dos recursos hídricos é uma consequência natural, conforme demonstrado por Oliveira *et al.* (2017) na APA dos Mananciais do córrego Guariroba.

A prática das atividades agropecuárias é de extrema importância para suprir a demanda por alimentos. No entanto, ao longo dos anos, por ocorrer o crescimento das atividades sem muitas vezes levar em consideração a peculiaridade das regiões onde ocorre sua expansão, tal processo contribui para a degradação do ambiente. Diante desse contexto, no processo de uso da superfície da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, deve-se pensar na priorização das áreas de vegetação nativa como áreas de amortecimento, de forma a garantir a manutenção do sistema de drenagem e dos serviços ambientais, permitindo-se a manutenção de seus recursos hídricos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise temporal da bacia hidrográfica do córrego Ceroula com o uso do sensoriamento remoto permitiu observar e demonstrar as mudanças ocorridas na paisagem desta porção rural do território campo-grandense, principalmente nas classes de vegetação. Os resultados indicaram a supressão do Cerrado e Formações Florestais, reflexo das atividades antrópicas ao longo dos anos, e, mesmo com a criação de uma unidade de conservação (APA do Ceroula), percebeu-se que as principais atividades humanas que desmataram a bacia estão associadas à pecuária, como a limpeza dos lotes para o pasto, além do preparo da terra para plantio de monoculturas.

As modificações na cobertura vegetal puderam ser quantificadas após serem classificadas pelo algoritmo *Natural Breaks* de uma imagem processada pelo índice de Vegetação por Diferença Normalizada. No entanto, não se observou resposta espectral para os pequenos corpos hídricos expostos na superfície, devido à característica de absorção do espectro do infravermelho pela lâmina d'água. Esta característica do NDVI inviabiliza o método para uso e estimativas de áreas em corpos hídricos.

O impacto causado pela supressão da vegetação nativa no interior e no entorno da Área de Proteção Ambiental do córrego Ceroula poderá comprometer o ciclo hidrológico, levando à diminuição dos recursos hídricos, tanto nos canais tributários que compõem a APA como nos canais da bacia hidrográfica do córrego como um todo, prejudicando sua capacidade de fornecimento futuro de água para Campo Grande.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo e de produtividade (1C) concedidas, e à Universidade Anhanguera-Uniderp, pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. S.; SILVA, M. H. S.; OLIVEIRA, A. K. M.; ALHO, C. J. R. Análise espaço-temporal das mudanças na cobertura vegetal e uso da terra de 1995 a 2015 no Pantanal do Abobral, Mato Grosso do Sul. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n. 42, v. 3, p. 101–21, 2020.

ARAÚJO, M. R.; SOUZA, O. C. Fragmentação florestal e a degradação das terras. In: COSTA, R. B. (Org.). *Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste*. Campo Grande: UCDB, 2003. p. 113–38.

DIAS, B. F. S. A Conservação da Natureza. In: PINTO, M. N. (Ed.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. Brasília: Editora UnB, 1994. p. 607–63.

- FLORENZANO, T. G. *Iniciação em sensoriamento remoto*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A. S.; ALVES, S. M.; NEVES, S. Aplicação do índice de transformação antrópica na análise multitemporal da bacia do córrego do Bezerro Vermelho em Tangará da Serra-MT. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1045–54, 2013.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S, B. *Geomorfologia: uma atualização de bases conceituais*. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.
- LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204–14, 2013.
- OLIVEIRA, A. K. M.; FERNANDES, V.; GARNÉS, S. J. A.; SANTOS, C. R. B. Avaliação da perda de vegetação arbórea nativa na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, por meio de sensoriamento remoto. *Ra´e Ga – O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v. 17, p. 43–52, 2009.
- OLIVEIRA, A. K. M.; FERNANDES, V.; PIRAJÁ, R. V.; SILVA, M. H. S. Avaliação multitemporal das paisagens da Área de Proteção Ambiental (APA) dos Mananciais do Córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélites. *Ra´e Ga - O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v. 42, p. 8–20, 2017.
- PARANHOS FILHO, A. C.; MOREIRA, E. S.; OLIVEIRA, A. K. M.; PAGOTTO, T. C. S.; MIOTO, C. L. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 19 (v. especial), p. 69–76, 2014.
- PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões do cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 3, p. 655–61, 2004.
- PIRAJÁ, R. V.; RESENDE FILHO, A. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul. *GEOFRONTER*, Aquidauana, v. 1, n. 5, p. 35–38, 2019.
- ROSS, J. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoramento de sistemas de vegetação nas grandes planícies com o ERTS. In: SIMPÓSIO SATÉLITE-1 DA TECNOLOGIA DOS RECURSOS DA TERRA, 3., 10-14 dez. 1973, Washington. *Anais [...]*. Washington: NASA, v. 1, 1973. p. 309–17.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. *Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2007. [Documentos/EMBRAPA Cerrados].
- SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. *SPRING 5.1.2 passo a passo: aplicações práticas*. Alegre: CAUFES, 2010. 153p. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/spring5x.htm>. Acesso em: 13 abr. 2017.
- Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral [SEPLAN]. *Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande: Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, 1990.

Sobre os autores:

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira: Graduado (Licenciatura Plena) em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, e Doutor em Ciências pela Univesidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professor do Programa de

Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp. **E-mail:** akmorbeckoliveira@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-9373-9573>

Rennan Vilhema Pirajá: Graduado em Geografia (Licenciatura Plena) pela Universidade Católica Dom Bosco (UDCB), e Geografia (Bacharelado) pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre e Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade Anhanguera-Uniderp. Aluno de pós-doutorado pela Universidade Anhanguera-Uniderp. **E-mail:** rennanvp@hotmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8114-1144>

