

TRANSIÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA EM DUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NA SAVANA BRASILEIRA

Lucas Duarte Oliveira

Engenheiro Ambiental, Analista Ambiental no Instituto Chico Mendes de Conservação da
Biodiversidade, Rio Verde, Goiás, Brasil¹
duarte-oliveira2010@hotmail.com

Wellmo dos Santos Alves

Doutor em Geografia, Docente no Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geografia
da Universidade Federal de Jataí e no Programa de Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do
Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil¹
wellmoagro2@gmail.com

Nicolý Giroto Moraes

Geógrafa, Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Jataí, Jataí, Goiás, Brasil²
nicolygirotto@discente.ufj.edu.br

Raysa Moraes Castro

Engenheira Ambiental, Doutoranda em Agronomia pelo Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás,
Brasil¹
raysaeng.amb@gmail.com

Wilker Alves Moraes

Doutor em Agronomia, Pós-doutorando pelo Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil¹
wilker.alves.moraes@gmail.com

Maria Antonia Balbino Pereira

Engenheira Ambiental, Mestranda em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade pelo Instituto Federal
Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil¹
mariaantoniao99@live.com

RESUMO: O objetivo desse estudo foi analisar o uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2020 nas bacias hidrográficas do Córrego Indaiá e Córrego Grande, localizadas no Cerrado (Savana brasileira). Para a classificação do uso e cobertura da terra, foram utilizadas imagens geradas pelo sensor OLI/Landsat 8, considerando uma resolução espacial de 15 m. A transição do uso e cobertura da terra foi feita de acordo com a Matriz de Tabulação Cruzada. No ano de 2013, a área de terras cultivadas/culturas anuais (principalmente soja e milho) foi a classe predominante nas duas bacias hidrográficas, seguida da pastagem. Em 2020, a área de terras cultivadas/culturas anuais se manteve como principal classe nas duas bacias hidrográficas, seguida principalmente pelas categorias de fragmentos de Cerrado e pastagem na BH do Córrego Grande, e de pastagem e cerradão na BH do Córrego Indaiá. Foram observados maiores ganhos em áreas de fragmentos de Cerrado e de pastagem na BH do Córrego Grande, e de pastagem e terras cultivadas/culturas anuais na BH do Córrego Indaiá. Foram constatadas presença de solo exposto decorrente de processos erosivos avançados (sulco, ravina e voçorocas) na BH do Córrego Grande, reforçando que mesmo havendo ganhos de fragmentos de Cerrado, é fundamental que o uso e cobertura da terra e o manejo do solo sejam alinhados com a conservação ambiental.

Palavras-chave: Análise Geoambiental; Conservação do solo; Geotecnologias; Recursos hídricos; Savana.

¹ Endereço para correspondência: Instituto Federal Goiano, Rodovia Sul Goiânia, Km 01, 75901-970, Rio Verde, Goiás, Brasil.

² Endereço para correspondência: Universidade Federal de Jataí, Rua Riachuelo, nº 1530, 75804-020, Jataí, Goiás, Brasil.

TRANSITION OF LAND USE AND LAND COVER IN TWO HYDROGRAPHIC BASINS IN THE BRAZILIAN SAVANNA

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze land use and land cover in the years 2013 and 2020 in the watersheds of Córrego Indaiá and Córrego Grande, located in the Cerrado (Brazilian Savanna). For land use and land cover classification, images generated by the OLI/Landsat 8 sensor were utilized, considering a spatial resolution of 15 meters. The land use and land cover transition was conducted using the Tabulation Matrix technique. In 2013, the area of cultivated land/annual crops (mainly soybeans and corn) was the predominant class in the two river basins, followed by pasture. In 2020, the area of cultivated land/annual crops remained the main class in the two river basins, followed mainly by the categories of fragments of Cerrado and pasture in the BH of Córrego Grande, and of pasture and cerradão in the BH of Córrego Indaiá. Greater gains were observed in areas of Cerrado fragments and pasture in the BH of Córrego Grande, and of pasture and cultivated land/annual crops in the BH of Córrego Indaiá. The presence of exposed soil resulting from advanced erosion processes (furrows, ravines and gullies) was found in the BH of Córrego Grande, reinforcing that even with gains in Cerrado fragments, it is essential that land use and coverage and soil management are aligned with environmental conservation.

Keywords: Geoenvironmental Analysis; Soil conservation; Geotechnologies; Water resources; Savannah.

TRANSICIÓN DE USO Y COBERTURA DEL SUELO EN DOS CUENCAS DE LA SABANA BRASILEÑA

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue analizar el uso y cobertura del suelo en los años 2013 y 2020 en las cuencas de los ríos Córrego Indaiá y Córrego Grande, ubicados en el Cerrado (Sabana Brasileña). Para clasificar el uso y cobertura del suelo se utilizaron imágenes generadas por el sensor OLI/Landsat 8, considerando una resolución espacial de 15 m. La transición de uso y cobertura del suelo se realizó según la Matriz de Tabulación Cruzada. En 2013, la superficie de tierra cultivada/cultivos anuales (principalmente soja y maíz) era la clase predominante en las dos cuencas, seguida de los pastos. En 2020, la superficie de tierras cultivadas/cultivos anuales siguió siendo la principal clase en las dos cuencas, seguida principalmente por las categorías de fragmentos de cerrado y pasto en el BH de Córrego Grande, y de pasto y cerradão en el BH de Córrego Indaiá. Las mayores ganancias se observaron en áreas de fragmentos de Cerrado y pastos en el BH de Córrego Grande, y de pastos y tierras cultivadas/cultivos anuales en el BH de Córrego Indaiá. La presencia de suelo expuesto producto de procesos avanzados de erosión (surcos, quebradas y cárcavas) se encontró en el BH de Córrego Grande, reforzando que aún con ganancias en fragmentos de Cerrado, es fundamental que el uso y cobertura del suelo y el manejo del suelo estén alineados con las condiciones ambientales. conservación.

Palabras clave: Análisis Geoambiental; Conservación del suelo; Geotecnologías; Recursos hídricos; Sabana.

Introdução

A relação entre o uso, as mudanças na cobertura e a temperatura na superfície da terra é uma das importantes questões na comunidade de pesquisadores em relação às mudanças ambientais e ao desenvolvimento sustentável (Siddique et al., 2020; Wang, 2023). As mudanças no uso e cobertura da terra impactam a qualidade do solo, podendo afetar negativamente suas propriedades, que são capazes de suportar o crescimento de plantas e animais, manter e melhorar a qualidade da água e do ar (Jiang et al., 2020; Buruso; Adimassu; Sibali, 2023). De acordo com Alves et al. (2018a) e Polizel et al. (2021), essas transformações estão relacionadas ao uso intensivo e desordenado das terras, que têm cada vez mais avançado sobre as áreas protetoras dos recursos naturais, especialmente as que protegem os recursos hídricos.

A caracterização dos aspectos físicos naturais e antrópicos (dentre os quais, destacam-se o uso e a cobertura da terra) são importantes para analisar se estão provocando alterações na qualidade hídrica (Alves et al., 2019), no solo e no ar. Nesse sentido, existem diferentes

formas, métodos e indicadores para avaliar um ambiente degradado ou que sofreu algumas alterações nas suas propriedades físicas (Balestrin et al., 2019).

Segundo Pereira et al. (2019), as geotecnologias se caracterizam como ferramentas que auxiliam no diagnóstico, no monitoramento e na avaliação dos impactos causados ao meio ambiente, com destaque para o geoprocessamento e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Por meio da utilização dos SIGs e da classificação supervisionada de imagens, torna-se viável a execução de trabalhos em escalas multitemporal, o que contribui para a obtenção de dados que possam subsidiar as tomadas de decisões (principalmente no relacionado às políticas ambientais locais), além de quantificar os avanços das ocupações antrópicas (Nascimento et al., 2018; Dargains; Cabral, 2021).

As análises comparativas feitas por meio do mapa das mudanças do uso e cobertura da terra numa escala de curto intervalo de tempo podem auxiliar na indicação da interferência antrópica no meio ambiente, já que ações promovidas pelo homem são visíveis em uma determinada área devido ao aumento na demanda de consumo e na ocupação no ambiente em que estão inseridos, sendo que o estudo destes comparativos são importantes ferramentas para o entendimento do quanto intensas são as mudanças e para o planejamento da gestão territorial e ambiental, principalmente em bacias hidrográficas (Lira et al., 2019; Souza et al., 2020).

Com relação ao planejamento territorial, as bacias hidrográficas (BHs) são consideradas unidades básicas de análise para a difusão de ações e medidas estruturais e não estruturais que visam relacionar a gestão ambiental com a gestão dos recursos hídricos. Cabe também destacar que as mudanças no uso e cobertura da terra se dá pelos conflitos e impactos diretos e indiretos, derivados das atividades humanas que vão além dos limites físico-natural de uma unidade geográfica (Silva et al., 2020; Emami-Skardi et al., 2021).

Em relação ao uso da terra, alguns autores abordaram esse assunto destacando a presença antrópica na área de estudo, seja por meio de áreas urbanas ou residências rurais, ou por atividades econômicas, como terras cultivadas/culturas anuais, pastagem, silvicultura e indústrias, e os conflitos dessas com as áreas verdes (vegetação nativa), em específico às destinadas para preservação (como as Áreas de Preservação Permanentes - APPs), onde os autores ressaltaram a importância da preservação dessas áreas para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Em alguns estudos, os autores compararam as classes de uso da terra e a influência que essas têm na vazão dos cursos hídricos locais. Além disso, em alguns casos, foi feita uma abordagem histórica da mudança do uso e cobertura da terra para entender o processo de ocupação da região, incluindo as alterações da vegetação local, afim de subsidiar a elaboração de políticas ambientais no intuito de conciliar os interesses ambientais e econômicos (Silva et al., 2017; Salazar e Lima, 2019; Vieira et al., 2018; Pereira et al., 2019; Dinka; Chaka, 2019; Polizel et al., 2021).

O Cerrado é caracterizado como a mais extensa floresta-savana da América do Sul, além de uma grande biodiversidade em sua flora e fauna (Damasco et al., 2018; Souza et al., 2020). Entretanto, nas últimas décadas, áreas do Cerrado vêm sendo utilizadas para atividades antrópicas, como terras cultivadas/culturas anuais e pecuária. Antes inférteis, grandes extensões de terra foram transformadas em áreas para cultivo com uso intensivo do solo, acompanhadas de modernas técnicas, equipamentos e biotecnologia (Silva, 2018; Beckmann; Santana, 2019; Polizel et al., 2021).

As BHs do presente estudo estão localizadas no Cerrado (Savana brasileira), em uma região caracterizada pela forte produção agrícola, onde se destaca o município de Rio Verde, com um crescimento considerável da população, sendo estimada em 247.259 pessoas (IBGE, 2021). Essa região destaca-se, a partir da década de 1970, como modelo da modernização agropecuária implantada no Brasil, apresentando altos índices de produção agropecuária, principalmente de soja, milho, cana-de-açúcar, aves, bovinos e suínos, além de possuir diversas empresas instaladas, com destaque para as agroindústrias (Alves et al., 2018b).

Considerando o uso intensivo dos solos na região e a importância dessas bacias para as atividades agropecuárias e biodiversidade locais, este estudo teve como objetivo analisar o uso

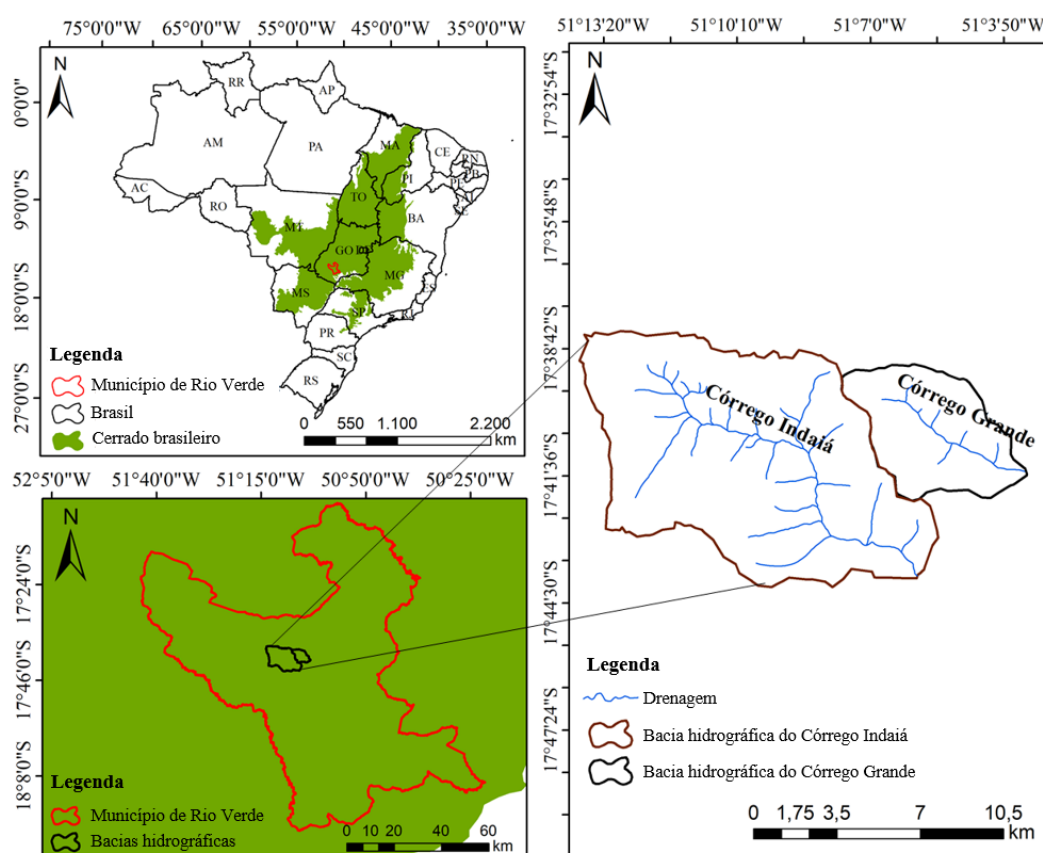
e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2020, utilizando produtos de sensoriamento remoto com resolução espacial de 15 m, técnicas de geoprocessamento e a Matriz de Tabulação Cruzada de Pontius Jr., Shusas e McEachern (2004).

Material e Métodos

Área de estudo

A BH do Córrego Grande corresponde a 2.831,96 ha e a BH do Córrego Indaiá, 10.782,10 ha. Ambas estão localizadas no Sudoeste do Estado de Goiás, no município de Rio Verde (Figura 1). São afluentes do Rio Verdinho, fonte hídrica estratégica do referido município.

Figura 1: Localização das duas BHs na Savana brasileira



Fonte: elaborado pelos autores a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2020), no Sistema de Coordenadas Geográficas Latitude/Longitude - Sirgas 2000 (Zona 22S).

No Rio Verdinho, considerado uma importante fonte de água para atender a demanda hídrica crescente da população urbana rio-verdense, estão sendo realizados estudos para implementação de um projeto para a captação de aproximadamente 794,40 litros de água por segundo (L.s-1) (Alves et al., 2021).

A geologia do município de Rio Verde é composta de 59% por rochas do Grupo Bauru (formações Adamantino e Marília), 29,9% de coberturas Quaternárias (cobertura Arenosa Indiferenciada e Aluvião) e as demais (11,1%) são Formação Serra Geral, Províncias Alcalina do Sul de Goiás, coberturas Terciárias, Terciário/Quaternário e rochas do Grupo Passa Dois (Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Paranaíba 2015).

Os tipos de solos predominantes no município são Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos (Acqua et al., 2013). Em relação às suas características, são solos profundos e bem drenados e com baixa disposição a processos erosivos lineares, não permitindo grandes fluxos superficiais (Santos et al., 2018).

A vegetação característica da região são as fisionomias de Cerrado sensu stricto (formações savânicas) e cerradão (Rocha et al., 2014). Em relação ao relevo, predominam os declives entre 0 a 3%, bem distribuídos em toda a extensão do território, somando 45,5% de sua área, com cotas de 450 a 750 metros de altitude (Santos et al., 2018).

Segundo o método proposto por Köppen-Geiger em 1900 e adaptado por Setzer (1966), o clima da região é caracterizado do tipo Aw (Cardoso et al., 2014). A região apresenta um clima com duas estações bem definidas: uma seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a abril), sendo mesotérmico úmido, com temperaturas amenas durante o inverno e calor no verão (Alves et al., 2016).

Mapeamento do uso e cobertura da terra

As técnicas de geoprocessamento foram realizadas por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS Advanced 10.8.1®, licenciado sob o código #647261 (ESRI, 2020). Para o mapeamento de uso e cobertura da terra, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8/Sensor OLI, geradas pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e obtidas no catálogo de imagens do United States Geological Survey (USGS) para os anos de 2013 e 2020 (USGS, 2020). Foi realizada a composição e combinação de bandas (B) espectrais B6 (infravermelho médio), B5 (infravermelho próximo), B4 (vermelho) e B8 (pancromático), sendo primeiramente realizada a composição das 3 primeiras bandas (com resolução de 30 m), em seguida essa composição foi fusionada (pan-sharpening) com a B8 (com resolução de 15 m), obtendo-se uma resolução final de 15 m para a extração das feições relacionadas ao uso e cobertura da terra, proporcionando a obtenção de produtos cartográficos com escala de precisão gráfica de 1:75.000. A classificação do uso e cobertura da terra foi realizada conforme o Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) (IBGE, 2013) e por meio da técnica de classificação supervisionada multivariada de Máxima Verossimilhança. Em seguida, foram realizadas correções manualmente de misturas espectrais da classificação e, nesta ordem, correções topológicas, no intuito de obter mapas com melhores representatividades.

Posteriormente, foi obtida a matriz de confusão e a partir de amostras validadas por meio de observações de campo e integração destas e as imagens classificadas. A partir dessa matriz foi calculado o Índice Kappa, que se trata de um teste estatístico proposto por Jacob Cohen em 1960, utilizado para a avaliação da qualidade da classificação do uso e cobertura da terra. Leva em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal ou diagonal descendente. O Índice Kappa foi estimado por meio da Equação 1, uma forma mais simples de calcular esse índice observada no estudo de Figueiredo e Vieira (2007):

$$K = (n * \sum_{i=1}^c X_{ii} - \sum_{j=1}^c X_{1+} * X_{+1}) / (n^2 - \sum_{j=1}^c X_{1+} * X_{+1}) \text{ (Equação 1)}$$

Sendo que: K é uma estimativa do coeficiente Kappa; n, o número total de amostras; c, o número total de classes; x_{ii}, o valor na linha i e coluna i, ou seja, o valor da diagonal da matriz de confusão, de forma descendente; x_{i+}, a soma da linha i; e x_{+i}, a soma da coluna i da matriz de confusão.

Em seguida, foi utilizada a Matriz de Tabulação Cruzada (Tabela 1) proposta por Pontius Jr., Shusas e McEachern (2004), a qual diz respeito ao comportamento das classes durante um determinado intervalo de tempo, de modo que as taxas fixas de transição obtidas em um tempo anterior, servem como base para as transições futuras (Nascimento; Gerhard; Watrin, 2013).

Conforme apresentado na Tabela 1, C_{ij}: é a mudança do uso e cobertura da terra, da Classe i para a Classe j, sendo que as classes i, nas linhas, correspondem ao momento 1, e as classes j, nas colunas, ao momento 2; C_{jj}: é a persistência da classe; 1+: na coluna Total

momento 1 é o total da classe 1 no momento 1; +1: na linha Total momento 2 é o total da classe 1 no momento 2; Ganhos: total de classe na categoria j, C₊₁, pela diferença da persistência da classe C_{jj}; Perda: representa o total das perdas relativas para cada classe de uso do solo i entre os momentos 1 e 2, é calculado para cada classe por meio da diferença entre o total da linha e a persistência para a classe correspondente (Pontius Jr.; Shusas; McEachern, 2004).

Tabela 1 – Matriz geral de tabulação cruzada para a comparação de dois mapas em dois momentos distintos

Classe no momento 1	Classe no momento 2				Total no momento 1	Perda
	Classe 1 (j)	Classe 2 (j+1)	Classe 3 (j+2)	Classe 4 (j+3)		
Classe 1 (i)	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	$\sum_{i=1}^n C_{1+}$	$\sum_{i=1}^n C_{1+} - C_{11}$
Classe 2 (i+1)	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	$\sum_{i=1}^n C_{2+}$	$\sum_{i=1}^n C_{2+} - C_{22}$
Classe 3 (i+2)	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	$\sum_{i=1}^n C_{3+}$	$\sum_{i=1}^n C_{3+} - C_{33}$
Classe 4 (i+3)	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	$\sum_{i=1}^n C_{4+}$	$\sum_{i=1}^n C_{4+} - C_{44}$
Total no momento 2	$\sum_{i=1}^n C_{+1}$	$\sum_{i=1}^n C_{+2}$	$\sum_{i=1}^n C_{+3}$	$\sum_{i=1}^n C_{+4}$	$\sum_{i=1}^n C_{ij} =$	
Ganho	$\sum_{i=1}^n C_{+1}$	$\sum_{i=1}^n C_{+2}$	$\sum_{i=1}^n C_{+3}$	$\sum_{i=1}^n C_{+4}$	-	-

Fonte: adaptado de Pontius Jr., Shusas e McEachern (2004).

No intuito de melhor entender as mudanças no uso e cobertura da terra nas áreas de estudo, também foram calculadas a percentagem de classe (%C), a troca (S_j) e o total de mudança, conforme Equação 2, Equação 3 e Equação 4 respectivamente (Pontius Jr.; Shusas; McEachern, 2004).

$$\%C_{i,t} = (\sum_{i=1}^n C_{ij}) / At \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: %C_{i,t}: percentagem de classe i no momento t; $\sum_{i=1}^n C_{ij}$: somatório da classe específica; At: área total das classes em análise.

$$S_j = 2 * \min * (((\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}) / At) * 100, ((\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}) / At) * 100), \text{ quando } i = j \quad (\text{Equação 3})$$

Em que ((-C_{jj})/At)*100: perdas da área total, em percentagem; (($\sum_{i=1}^n C_{ij}$ - C_{jj})/At)*100: ganhos da área total, em percentagem.

$$\text{Total mudança} = (((\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}) / At) * 100) + (((\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}) / At) * 100) \quad (\text{Equação 4})$$

Resultados e discussão

As matrizes de confusão relacionadas às classificações das imagens para obtenção do mapa de uso e cobertura da terra na BH do Córrego Grande são apresentadas na Tabela 2 e Tabela 3, sendo o Índice Kappa de 0,84 e 0,89 para os anos de 2013 e 2020 respectivamente, ambas de qualidade excelente, conforme Landis e Koch (1977). Na Figura 2 são apresentados os resultados das mudanças geoespaciais no uso e cobertura da terra.

Tabela 2 – Matriz de confusão da classificação da imagem de 2013, BH do Córrego Grande, Savana brasileira

Classe/amostra kappa	Amostra (A) de validação (kappa)										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Pastagem	61	2	0	0	0	0	0	1	0	0	64
Terras cultivadas/culturas anuais	0	104	0	0	0	0	1	0	0	1	106
Cerradão	0	0	102	0	0	1	0	5	0	0	108
Área degradada	1	8	3	108	0	0	0	0	0	0	120
Solo exposto	4	0	1	16	36	0	0	17	0	0	74
Mata ciliar/galeria	0	0	9	0	0	103	0	1	0	0	113
Construção rural	3	2	0	0	0	0	47	0	0	3	55
Campo sujo	3	0	10	0	0	0	0	113	0	0	126
Água	1	0	3	0	0	13	1	0	25	0	43
Eucalipto	5	10	0	0	0	0	0	0	0	35	50
Total	78	126	128	124	36	117	49	137	25	39	859

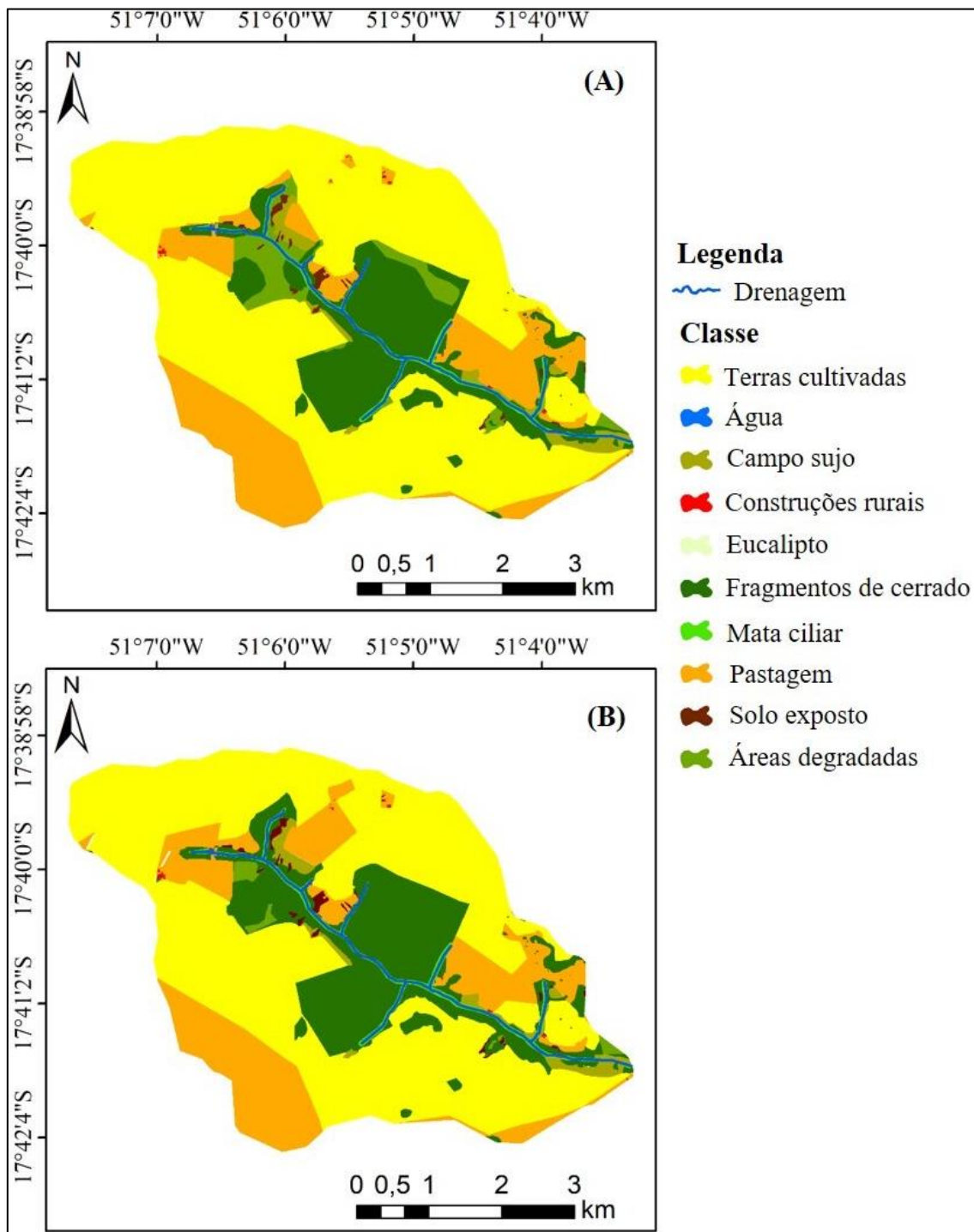
Amostras (A) de A1: pastagem; A2: terras cultivadas/culturas anuais; A3: fragmentos de Cerrado; A4: área degradada; A5: solo exposto; A6: mata ciliar/galeria; A7: construção rural; A8: campo sujo; A9: água; A10: eucalipto.

Tabela 3 – Matriz de confusão da classificação da imagem de 2020, BH do Córrego Grande, Savana brasileira

Classe/amostra kappa	Amostra (A) de validação (kappa)										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Pastagem	54	2	0	0	0	0	0	0	0	0	56
Terras cultivadas/culturas anuais	0	116	0	0	0	0	1	0	0	0	117
Cerradão	0	0	92	1	0	0	0	0	0	0	93
Área degradada	0	0	2	126	1	0	0	1	0	0	130
Solo exposto	1	1	3	9	116	0	0	2	0	0	132
Mata ciliar/galeria	0	0	6	0	1	73	0	2	0	0	82
Construção rural	12	2	0	0	0	0	69	0	0	0	83
Campo sujo	1	0	2	3	2	0	0	89	0	0	97
Água	9	0	2	0	0	5	3	0	37	0	56
Eucalipto	8	5	0	0	0	0	0	0	0	29	42
Total	85	126	107	139	120	78	73	94	37	29	888

Amostras (A) de A1: pastagem; A2: terras cultivadas/culturas anuais; A3: fragmentos de Cerrado; A4: área degradada; A5: solo exposto; A6: mata ciliar/galeria; A7: construção rural; A8: campo sujo; A9: água; A10: eucalipto.

Figura 2: Mudanças no uso e cobertura da terra no ano de 2013 (A) e 2020 (B) na BH do Córrego Grande, Savana brasileira



Terras cultivadas: culturas anuais, principalmente soja e milho.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de bases de dados geográficas disponibilizadas pelo SIEG (2020), no Sistema de Coordenadas Geográficas Latitude/Longitude - Sirgas 2000 (Zona 22S).

Foi observado que a categoria de terras cultivadas/culturas anuais (principalmente soja e milho) perdeu mais para a de pastagem (66,09 ha), reflexo da dinâmica econômica local; além disso, verificou-se que áreas degradadas de Cerrado passaram para a categoria de fragmentos de Cerrado (79,17 ha), sendo resultados de práticas de recuperação ambiental local.

Em 2013 predominava a categoria de terras cultivadas/culturas anuais (58,86%), seguida de áreas de pastagem (16,92%) e fragmentos de Cerrado (15,92%). Em 2020, a categoria de terras cultivadas/culturas anuais (57,17%) se manteve como mais representativa, seguida da categoria de fragmentos de Cerrado (18,85%) e pastagem (18,38%), que passaram a ser respectivamente a segunda e terceira maiores categorias. Foi observada maior variação líquida nas áreas de fragmentos de Cerrado (2,93%), seguida de áreas degradadas (2,80%) e terras cultivadas/culturas anuais (1,69%) (Tabela 4 e Tabela 5).

Tabela 4 – Matriz de Tabulação Cruzada do uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Grande, Savana brasileira

Classe agregada em 2013 (ha)	Classe agregada em 2020 (ha)										Total 2013	Perda
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
A	1600,36	0	0,12	0,10	0,16	0,05	0,02	0	66,09	0,02	1666,92	66,56
B	0	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0	1,06	0,00
C	0	0	18,17	0,02	0	0	79,17	0	0	1,08	98,44	80,27
D	0	0	0	49,85	0	0	0	0	0	0,03	49,88	0,03
E	0	0	0	0	2,02	0	0	0	0	0	2,02	0,00
F	0	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0,22	0,00
G	0,02	0	0,88	0,01	0	0	449,83	0	0,08	0,06	450,87	1,04
H	0	0	0	0	0	0	0	68,68	0	0,01	68,69	0,01
I	18,56	0	0	0,01	0	1,35	4,72	0,08	454,28	0,03	479,04	24,76
J	0	0	0	0,01	0	0	0,07	0	0,03	14,71	14,82	0,11
Total 2020	1618,94	1,06	19,17	50,01	2,18	1,62	533,81	68,76	520,47	15,93	2831,96	172,77
Ganho	18,58	0,00	1,00	0,16	0,16	1,40	83,98	0,08	66,19	1,22	105,36	2659,19

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: água; C: área degradada de Cerrado; D: campo sujo; E: construção rural; F: eucalipto; G: fragmentos de Cerrado; e H: mata ciliar/galeria; I: pastagem; J: solo exposto.

Tabela 5 – Área total e variação líquida de cada categoria de uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Grande, Savana brasileira

Classe	Total 2013 (ha)	%C 2013	Total 2020 (ha)	%C 2020	Variação líquida (ha)	Variação líquida (%)
A	1666,92	58,86	1618,94	57,17	47,98	1,69
B	1,06	0,04	1,06	0,04	0,00	0,00
C	98,44	3,48	19,17	0,68	79,27	2,80
D	49,88	1,76	50,01	1,77	0,13	0,00
E	2,02	0,07	2,18	0,08	0,16	0,01
F	0,22	0,01	1,62	0,06	1,40	0,05
G	450,87	15,92	533,81	18,85	82,94	2,93
H	68,69	2,43	68,76	2,43	0,07	0,00
I	479,04	16,92	520,47	18,38	41,44	1,46
J	14,82	0,52	15,93	0,56	1,11	0,04
Total	2338,10	82,56	2831,96	100,00	254,50	8,99

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: água; C: área degradada de Cerrado; D: campo sujo; E: construção rural; F: eucalipto; G: fragmentos de Cerrado; e H: mata ciliar/galeria; I: pastagem; J: solo exposto.

A categoria terras cultivadas/culturas anuais foi a que teve maior persistência (56,51%), seguida da pastagem (16,04%) e dos fragmentos de Cerrado (15,88%). Em relação às perdas, as maiores foram observadas nas áreas degradadas (2,83%) para as áreas de fragmentos de Cerrado. Quanto aos ganhos, os mais representativos foram as áreas de fragmentos de Cerrado (2,97%) seguidas das de pastagem (2,34%) (Tabela 6). Em relação ao total de mudança, as áreas de pastagem foram as que mais alteraram (3,21%), seguidas de terras cultivadas/culturas anuais (3,01%), fragmentos de Cerrado (3,00%) e área degradada (2,87%) (Tabela 7).

Tabela 6 – Persistência, perdas e ganhos por categoria de uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Grande, Savana brasileira

Classe	Em ha			Em %		
	Persistência	Perda	Ganho	Persistência	Perda	Ganho
A	1600,36	66,56	18,58	56,51	2,35	0,66
B	1,06	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
C	18,17	80,27	1,00	0,64	2,83	0,04
D	49,85	0,03	0,16	1,76	0,00	0,01
E	2,02	0,00	0,16	0,07	0,00	0,01
F	0,22	0,00	1,40	0,01	0,00	0,05
G	449,83	1,04	83,98	15,88	0,04	2,97
H	68,68	0,01	0,08	2,43	0,00	0,00
I	454,28	24,76	66,19	16,04	0,87	2,34
J	14,71	0,11	1,22	0,52	0,00	0,04
Total	2659,19	172,77	172,77	93,90	6,10	6,10

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: água; C: área degradada de Cerrado; D: campo sujo; E: construção rural; F: eucalipto; G: fragmentos de Cerrado; e H: mata ciliar/galeria; I: pastagem; J: solo exposto.

Tabela 7 – Troca e total de mudanças de cada categoria de uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Grande, Savana brasileira

Classe	Perda	Ganho	Variação líquida	Troca (ha)	Total de mudança (ha)	Troca (%)	Total de mudança (%)
A	66,56	18,58	47,98	37,15	85,13	1,31	3,01
B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	80,27	1,00	79,27	2,01	81,28	0,07	2,87
D	0,03	0,16	0,13	0,05	0,18	0,00	0,01
E	0,00	0,16	0,16	0,00	0,16	0,00	0,01
F	0,00	1,40	1,40	0,00	1,40	0,00	0,05
G	1,04	83,98	82,94	2,08	85,02	0,07	3,00
H	0,01	0,08	0,07	0,02	0,09	0,00	0,00
I	24,76	66,19	41,44	49,51	90,95	1,75	3,21
J	0,11	1,22	1,11	0,22	1,33	0,01	0,05
Total	172,77	172,77	254,50	91,04	345,54	3,21	12,20

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: água; C: área degradada de Cerrado; D: campo sujo; E: construção rural; F: eucalipto; G: fragmentos de Cerrado; e H: mata ciliar/galeria; I: pastagem; J: solo exposto.

As matrizes de confusão relacionadas às classificações das imagens de 2013 e 2020 para obtenção do mapa de uso e cobertura da terra da BH do Córrego Indaiá são apresentadas na Tabela 8 e Tabela 9, sendo os resultados do Índice Kappa de 0,98 (para as duas classificações),

qualidade excelente, conforme Landis e Koch (1977). Os resultados das mudanças geoespaciais no uso e cobertura da terra são apresentados na Figura 3, e os resultados quantitativos, na Tabela 10, Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 8 – Matriz de confusão da classificação da imagem de 2013, BH Córrego Indaiá, Savana brasileira

Classe	Amostra (A) de validação (kappa)							Total
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
Pastagem	471	0	0	2	0	0	0	473
Eucalipto	11	139	0	0	0	7	0	157
Construção rural	5	0	182	0	0	2	0	189
Cerradão	0	0	0	709	0	0	3	712
Campo Sujo	0	0	0	0	195	0	0	195
Terras cultivadas/culturas anuais	2	0	0	0	0	435	0	437
Mata ciliar/galeria	0	0	0	4	0	0	419	423
Total	489	139	182	715	195	444	422	2.586

Amostras (A) de A1: pastagem; A2: eucalipto; A3: construção rural; A4: cerradão; A5: campo sujo; A6: terras cultivadas/culturas anuais; A7: mata ciliar/galeria.

Tabela 9 – Matriz de confusão da classificação da imagem de 2020, BH Córrego Indaiá, Savana brasileira

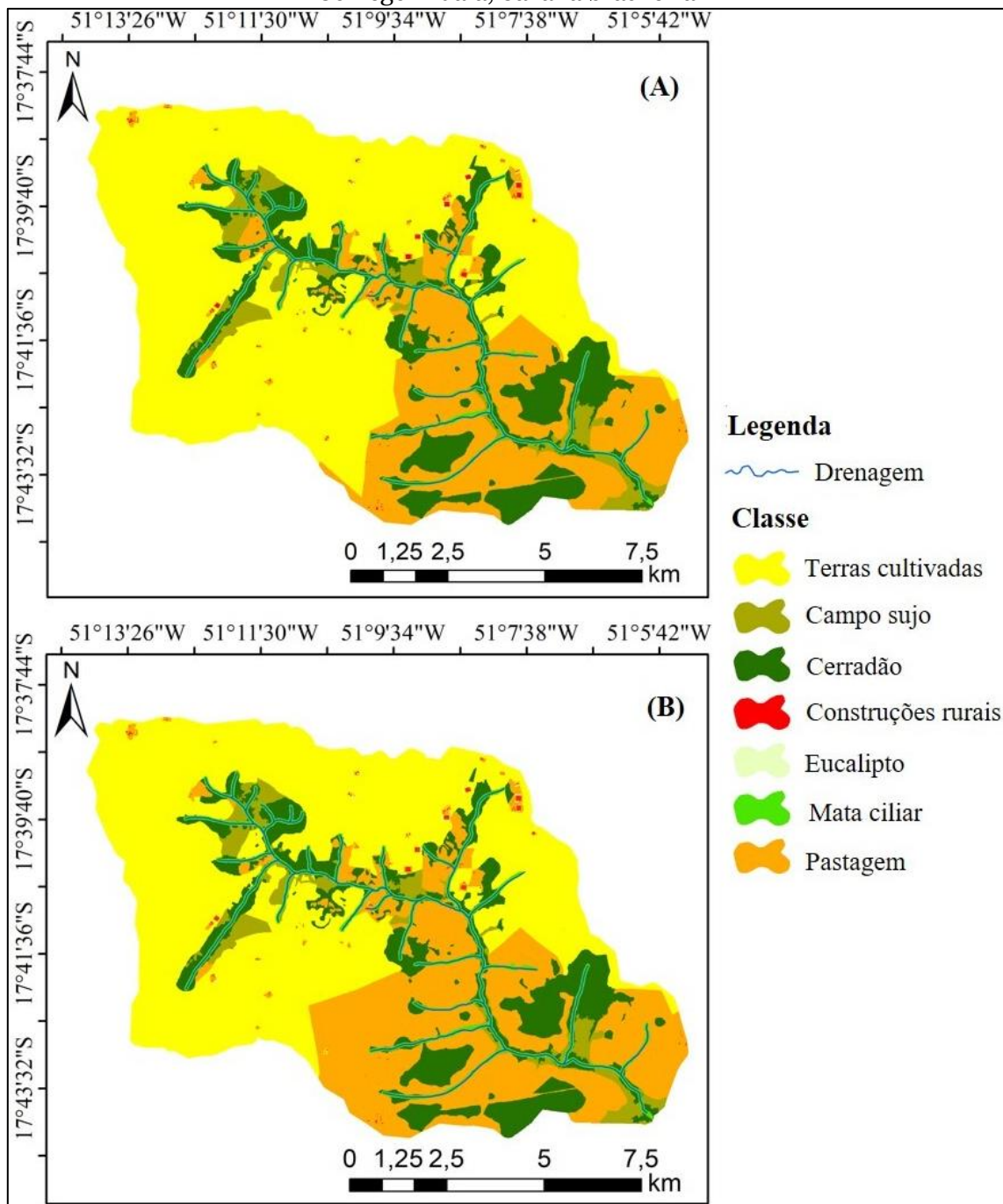
Classe	Amostra (A) de validação (kappa)							Total
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
Pastagem	807	0	0	0	0	3	0	810
Eucalipto	17	129	0	0	0	7	0	153
Construção rural	10	0	218	0	0	1	0	229
Cerradão	0	0	0	617	0	0	2	619
Campo Sujo	0	0	0	1	228	0	0	229
Terras cultivadas/culturas anuais	1	0	0	0	0	358	0	359
Mata ciliar/galeria	0	0	0	2	0	0	629	631
Total	835	129	218	620	228	369	631	3.030

Amostras (A) de A1: pastagem; A2: eucalipto; A3: construção rural; A4: cerradão; A5: campo sujo; A6: terras cultivadas/culturas anuais; A7: mata ciliar/galeria.

Considerando o ano de 2013, havia predominância da categoria de terras cultivadas/culturas anuais (53,85%), seguida de pastagem (22,65%), cerradão (13,66%), mata ciliar/galeria (5,37%), campo sujo (4,18%), construção (0,21%) e eucalipto (0,07). No ano de 2020, houve uma diminuição da área de terras cultivadas/culturas anuais em detrimento do aumento das de pastagem, entretanto, as áreas de terras cultivadas/culturas anuais permaneceram predominantes (50,18%), seguida de pastagem (26,43%), cerradão (13,58%), mata ciliar/galeria (5,37%), campo sujo (4,17%), construção (0,21%) e eucalipto (0,07). Foi observada maior variação líquida na área de pastagem (3,78%), seguida, por terras cultivadas/culturas anuais (3,68%) (Figura 3, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12).

As maiores trocas foram observadas nas áreas de terras cultivadas/culturas anuais (94,60 ha), pastagem (73,28 ha) e campo sujo (0,30 ha). A categoria campo sujo perdeu áreas principalmente para terras cultivadas/culturas anuais. As maiores mudanças foram nas áreas de terras cultivadas/culturas anuais (491,08 ha), pastagem (480,41 ha), cerradão (8,5 ha) e campo sujo (2,46 ha) (Tabela 13).

Figura 3: Mudanças no uso e cobertura da terra no ano de 2013 (A) e 2020 (B) na BH do Córrego Indaiá, Savana brasileira



Terras cultivadas: culturas anuais, principalmente soja e milho.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pelo SIEG (2020), no Sistema de Coordenadas Geográficas Latitude/Longitude - Sirgas 2000 (Zona 22S).

Tabela 10 – Matriz de Tabulação Cruzada do uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Indaiá, Savana brasileira

Classe agregada em 2013 (ha)	Classe agregada em 2020 (ha)							Total 2013	Perda
	A	B	C	D	E	F	G		
A	5.362,89	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	443,77	5806,67	443,78
B	2,30	448,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	451,23	2,30
C	8,35	0,14	1.463,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1472,40	8,50
D	0,00	0,00	0,00	22,83	0,00	0,00	0,00	22,83	0,00
E	0,00	0,00	0,00	0,00	7,58	0,00	0,00	7,58	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	579,09	0,00	579,09	0,00
G	36,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.405,66	2442,30	36,64
Total 2020	5410,19	449,08	1463,90	22,83	7,58	579,09	2849,43	10782,10	491,23
Ganho	47,30	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	443,77	491,23	10290,88

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: campo sujo; C: cerradão; D: construção; E: eucalipto; F: mata ciliar/galeria; G: pastagem.

Tabela 11 – Área total e variação líquida de cada categoria de uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Indaiá, Savana brasileira

Classe	Total 2013 (ha)	Em % 2013	Total 2020 (ha)	Em % 2020	Variação líquida (ha)	Variação líquida (%)
A	5806,67	53,85	5410,19	50,18	396,48	3,68
B	451,23	4,18	449,08	4,17	2,15	0,02
C	1472,40	13,66	1463,90	13,58	8,50	0,08
D	22,83	0,21	22,83	0,21	0,00	0,00
E	7,58	0,07	7,58	0,07	0,00	0,00
F	579,09	5,37	579,09	5,37	0,00	0,00
G	2442,30	22,65	2849,43	26,43	407,13	3,78
Total	10782,10	100,00	10782,10	100,00	814,26	7,55

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: campo sujo; C: cerradão; D: construção; E: eucalipto; F: mata ciliar/galeria; G: pastagem.

O processo de fragmentação florestal é considerado uma das principais consequências do avanço das atividades antrópicas, resultando na ruptura da unidade da paisagem e na formação de pequenos fragmentos florestais isolados onde existiam anteriormente áreas de florestas (Andrade et al., 2020). Isso pode ser visualizado nas BHs do Córrego Grande e Indaiá, devido à ação antrópica, transformando área de vegetação nativa em áreas de terras cultivadas/culturas anuais, pastagem, construções rurais e eucalipto (que somados representam 75,86% em 2013 e 75,69% em 2020). Estudos como o de Oliveira e Faria (2021), evidenciam que a utilização de métricas instrumentalizadas pela abordagem da ecologia da paisagem permitem uma avaliação dinâmica e temporal da estrutura da paisagem.

Tabela 12 – Persistência, perdas e ganhos por categoria de uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Indaiá, Savana brasileira

Classe	Em ha			Em %		
	Persistência	Perda	Ganho	Persistência	Perda	Ganho
A	5362,89	443,78	47,30	49,74	4,12	0,44
B	448,93	2,30	0,15	4,16	0,02	0,00
C	1463,90	8,50	0,00	13,58	0,08	0,00
D	22,83	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00
E	7,58	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
F	579,09	0,00	0,00	5,37	0,00	0,00
G	2405,66	36,64	443,77	22,31	0,34	4,12
Total	10290,88	491,23	491,23	95,44	4,56	4,56

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: campo sujo; C: cerradão; D: construção; E: eucalipto; F: mata ciliar/galeria; G: pastagem.

Tabela 13 – Troca e total de mudanças de cada categoria de uso e cobertura da terra de 2013 para 2020 na BH do Córrego Indaiá, Savana brasileira

Classe	Perda (ha)	Ganho (ha)	Variação líquida (ha)	Troca (ha)	Total de mudança (ha)	Troca (%)	Total de mudança (%)
A	443,78	47,30	396,48	94,60	491,08	0,877	4,555
B	2,30	0,15	2,15	0,30	2,46	0,003	0,023
C	8,50	0,00	8,50	0,00	8,50	0,000	0,079
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
G	36,64	443,77	407,13	73,28	480,41	0,680	4,456
Total	491,23	491,23	814,26	168,19	982,45	1,56	9,11

A: terras cultivadas/culturas anuais; B: campo sujo; C: cerradão; D: construção; E: eucalipto; F: mata ciliar/galeria; G: pastagem.

A remoção da vegetação nativa de forma discriminada pode causar graves problemas ambientais, principalmente a desastrosa redução da biodiversidade, que pode levar a extinção de grande parte da fauna e flora da região e, de forma consequente, causar intensa degradação da área local (Prakash; Verma, 2022; Faria et al., 2023). Outro grande problema ambiental que pode ocorrer, é com relação ao inadequado manejo agrícola de produtos químicos tóxicos e exagerado uso de fertilizantes com intuito de realizar a correção dos solos e controlar pragas, objetivando atingir altas produtividades. Esses produtos podem além de contaminar o solo, causar sérios problemas para os recursos hídricos (Baweja et al., 2020; Srivastav, 2020).

Problemas como o anteriormente citado, foram estudados por Lucas et al. (2020), que ao verificarem a contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul (Brasil), descobriram que a maior contaminação da água disponibilizada para o consumo humano, coincide com um maior número de aplicações de agrotóxicos nas lavouras de soja da região. Esses autores ainda verificaram que o tratamento convencional realizado na água para atender os padrões de potabilidade, não remove os resíduos de agrotóxicos, os quais persistem e são ingeridos pela população diariamente.

Porém, esse não é um problema apenas do Brasil, Kaur e Sinha (2019) ao avaliar pesticidas de escoamentos agrícolas nos recursos hídricos em Punjab (Índia), verificaram que a degradação ambiental descontrolada está causando contaminação das águas subterrâneas resultante da aplicação de produtos químicos agrícolas, especialmente o fertilizante. Outro

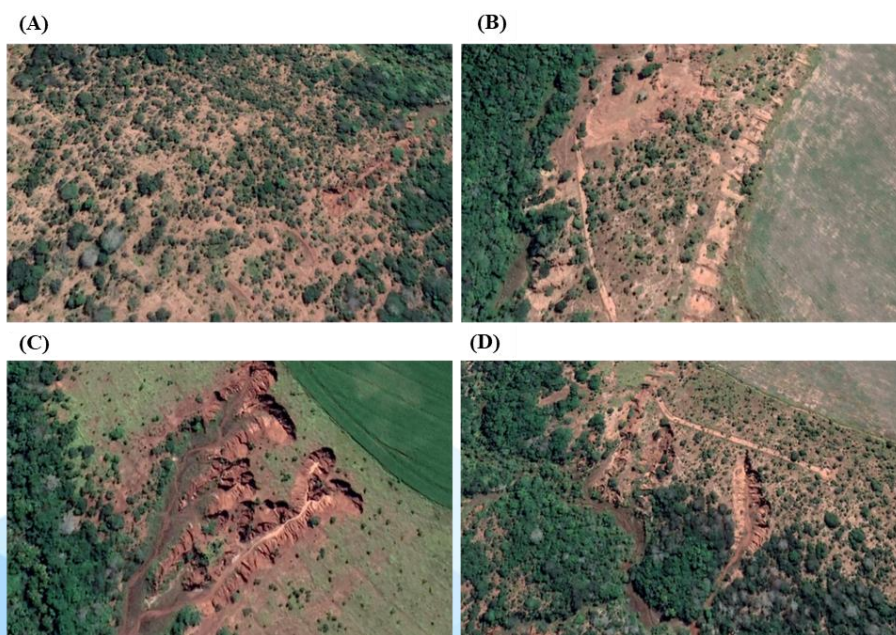
problema que esses autores verificaram, foi a alta presença de metais pesados na água (fora dos limites permitidos).

Mais problemáticas relacionadas à supressão maciça da vegetação nativa, são as mudanças climáticas, como sugerem os estudos de Hofmann et al., (2021) e Terra et al. (2023) no Cerrado (Savana brasileira). Outro destaque é para a diminuição das áreas degradadas no ano de 2020 em comparação com o ano de 2013 na BH do Córrego Grande, concomitante ao aumento de áreas de fragmentos de Cerrado, passando de 3,48% para 0,68% e 15,92 para 18,85% respectivamente (Tabela 5). Isso pode ser atribuído a possíveis iniciativas e práticas de recuperação ambiental na bacia em questão, que buscam recuperar locais em situação de degradação. Segundo Rodrigues et al. (2020), a degradação da qualidade ambiental é consequência, principalmente, da falta de planejamento pelo ser humano para o uso dos recursos naturais, sendo necessária a intervenção antrópica no intuito de auxiliar na recuperação de ambientes degradados.

O aumento de áreas verdes (fragmentos de Cerrado) na BH do Córrego Grande é importante para o equilíbrio ambiental local, tendo em visto que, além da preservação da vida animal e florística, segundo Boaventura, Da Cunha e Silva (2019), a recuperação de áreas degradadas é necessária à própria existência humana. A categoria de solo exposto também está presente na BH, representando 0,52% em 2013 e 0,56% em 2020. Ressalta-se que esta está presente principalmente nas proximidades dos cursos hídricos representando um potencial erosivo (Figura 4).

Um dos principais responsáveis pela erosão do solo é o uso desregulado deste (Asuoha et al., 2019), sendo a degradação do solo uma das principais consequências das ações antrópicas (Aslam et al., 2020), que podem potencializar os efeitos dos processos naturais, resultando na intensificação das perdas de solo e consequentemente em alterações nos padrões de qualidade da água do corpo hídrico (Santos et al., 2018). Além de prejudicar a qualidade da água, a erosão do solo pode levar a redução da produtividade, depreciação das terras, perdas de nutrientes e matéria orgânica, sendo que os principais fatores que influenciam nesse processo são a topografia, o solo, a vegetação, o clima e o manejo (Katra, 2020; Klik; Rosner, 2020).

Figura 4: (A) e (B) Presença áreas degradadas na BH do Córrego Grande, Savana brasileira, e (C) e (D) áreas de solo exposto com processos erosivos avançados, próximas à rede de drenagem



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Em relação à BH do Córrego Indaiá, o maior acréscimo de área foi na pastagem, com a substituição das áreas agrícolas pelas de pastagem. Os sistemas integrados de produção agropecuária estão sendo utilizados no Brasil como opção aos sistemas pouco sustentáveis (Carvalho et al., 2016).

É importante salientar que o uso dos sistemas integrados de produção é algo incomum na região, com o predomínio da substituição significativa de pastagem por área de terras cultivadas/culturas anuais (de forma definitiva), devido principalmente às características físicas, como relevo e solo, além dos avanços tecnológicos e políticas públicas (Alves; Martins; Scopel, 2018a). O manejo inadequado da atividade da pecuária pode trazer sérios prejuízos ao meio ambiente como pastagens degradadas, desmatamento, queimadas, processos erosivos e exploração indiscriminada de áreas de reserva e de preservação permanente (Oljirra, 2019; Kumar et al., 2022). Barbosa, Nabout e Da Cunha (2023) comprovam que há uma discrepância entre o desmatamento observado e o licenciado pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), e que isso pode representar grandes ameaças à biodiversidade e ao ecossistema do Cerrado.

Em relação às áreas verdes na BH do Córrego Indaiá, sendo campo sujo e fragmentos de Cerrado, houve ligeiras alterações. Essas áreas totalizavam 1923,63 ha em 2013, passando para 1912,98 ha em 2020, onde foram substituídas por áreas de terras cultivadas/culturas anuais. As atividades agrícolas, quando não consideradas medidas de manejo sustentável, podem afetar negativamente o ambiente local, visto que os impactos ambientais locais são influenciados pelas práticas adotadas (Awuchi et al., 2020). Gutierrez et al. (2017) também encontraram resultados semelhantes em uma área de proteção ambiental (APA) em Belém, Pará, onde verificaram que a área de cobertura vegetal sofreu uma redução de 38,1% entre 1984 e 2015, sendo convertida predominantemente para áreas urbanas.

Segundo Macedo (2013), o Sudoeste Goiano foi beneficiado com o recebimento de recursos que encaminharam para a agricultura centroestina um pacote de investimentos federais distribuídos em vários programas, em particular a partir da década 1970, consolidando a agricultura tecnificada na região, desde então, Rio Verde se tornou importante município ligado ao agronegócio no país, no entanto, é a partir dos investimentos dos anos de 1990, especialmente os da Perdigão (em 1997 a empresa se instala na cidade), que as transformações aconteceram de forma mais rápida.

Conforme a pesquisa expõe, as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra nas BHs do Córrego Grande e Córrego Indaiá são protagonistas para o desenvolvimento da região. Entretanto, os resultados evidenciam a necessidade de implementação de políticas públicas pautadas no planejamento e gestão ambiental que visam a sustentabilidade das atividades produtivas (agropecuária), além de promoverem a exploração sustentável e proteção do solo e desses recursos hídricos. Vale citar tanto o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) quanto o Código Florestal de Goiás (Lei nº 18.104/2013) dispõem sobre as normas de adequação ambiental em propriedades rurais, e mais recentemente, o então Ministério do Meio Ambiente, por meio da Portaria nº 288, de 2 de julho de 2020, instituiu o Programa Floresta+, visando fomentar o mercado privado de pagamentos por serviços ambientais em áreas mantidas com cobertura de vegetação nativa e a articulação de políticas públicas de conservação e proteção da vegetação nativa e de mudança do clima (BRASIL, 2020).

Conclusão

O uso de Geointeligência proporcionou compreender de forma rápida, econômica e com alta representatividade as mudanças no uso e cobertura da terra nas BHs do Córrego Grande e do Córrego Indaiá, disponibilizando informações e produtos cartográficos para integrar outras pesquisas em andamento e estudos futuros.

Observou-se nas duas BHs a forte presença de atividades antrópicas, sendo a categoria de uso e cobertura da terra predominante a categoria de terras cultivadas/culturas anuais, seguida da pastagem. Na BH do Córrego Grande, foi possível observar o crescimento dos fragmentos de Cerrado em detrimento das áreas degradadas e de solo exposto no período analisado, em decorrência de possíveis práticas de recuperação de áreas degradadas. Entretanto, a presença de solo exposto por consequência de processos erosivos persistiu, sugerindo a necessidade de práticas de recuperação nesses ambientes.

Na BH do Córrego Indaiá foi observado o avanço das áreas de pastagens em detrimento das áreas de terras cultivadas/culturas anuais, além de um ligeiro decréscimo das áreas de vegetação nativa (cerradão e campo sujo) do ano de 2013 para 2020, mostrando o avanço das atividades antrópicas.

Assim, esse estudo é fundamental para subsidiar a elaboração de políticas e práticas conservacionistas locais para a gestão ambiental dessas BHs, que servem de refúgio para a fauna, conservação da flora e desenvolvimento de atividades de interesse econômico, além de contribuir no aumento da vazão do Rio Verdinho, sendo esta fonte estratégica para atender a demanda hídrica da população rio-verdense.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde pelas bolsas de iniciação científica implementadas para Lucas Duarte Oliveira e Maria Antonia Balbino Pereira e ao Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Jataí (UFJ) pelo apoio decisivo.

Referências

ACQUA, N. H. D.; SILVA, G. P.; BENITES, V. M.; ASSIS, R. L.; SIMON, G. A. Métodos de amostragem de solos em áreas sob plantio direto no Sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 117-122, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000200001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/HP8vmk98G3kbnLvpNWkhr5H/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; AQUINO, D. S.; MORAIS, W. A.; PEREIRA, M. A. B.; SALEH, B. B. Análise do uso da terra, da cobertura vegetal e da morfometria da bacia do Ribeirão Douradinho, no sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 1093-1113, 2019. DOI: 10.26848/rbgf.v12.3.p1093-1113. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/236063>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ALVES, W. dos S.; MARTINS, A. P.; PÔSSA, E. M.; MOURA, D. M. B.; MORAIS, W. A.; FERREIRA, R. S.; SANTOS, L. N. S. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 22, p. 1-10, 2021. DOI: 10.1016/j.rsase.2021.100495. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938521000318?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ALVES, W. dos S.; MARTINS, A. P.; SCOPEL, I. USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS ABÓBORAS, EM RIO VERDE (GO), ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2015. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 65, p. 125-145, 2018. DOI: 10.14393/RCG196510. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/37619>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ALVES, W. dos S.; MARTINS, A. P.; SCOPEL, I. Fragilidade ambiental: subídio ao planejamento e á gestão da bacia do ribeirão da Laje (GO), Brazil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 22, p. e34, 2019. DOI: 10.5902/2236499431267. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/31267>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ALVES, W. S.; SCOPEL, I.; MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A. Análise Morfométrica da Bacia do Ribeirão das Abóboras – Rio Verde (GO). **Geociências**, Rio Claro, v. 35, n. 4, p. 652 – 677, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12007>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ANDRADE, Á. S.; RIBEIRO, S. C. A.; PEREIRA, B. W. F.; BRANDÃO, V. V. P. Fragmentação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, nordeste do Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, [S. l.], v. 30, n. 2, p. 406–420, 2020. DOI: 10.5902/1980509835074. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/35074>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ASLAM, B.; MAQSOOM, A.; SHAHZAIB; KAZMI, Z. A.; SODANGI, M.; ANWAR, F.; BAKRI, M. H.; TUFAIL, R. F.; FAROOQ, D. Effects of landscape changes on soil erosion in the built environment: Application of geospatial-based RUSLE technique. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 5898, 2020. DOI: 10.3390/su12155898. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/15/5898>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ASUOHA, G. C.; OKAFOR, U. P.; PHIL-EZE, P. O.; AYADIUNO, R. U. **The impact of soil erosion on biodiversity conservation in Isiala Ngwa North Lga, Southeastern Nigeria.** *Sustainability*, v. 11, n. 24, p. 7192, 2019. DOI: 10.3390/su11247192. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/24/7192>. Acesso em: 12 mar. 2024.

AWUCHI, C. G.; AWUCHI, C. G.; UKPE, A. E.; ASOEGWU, C. R.; UYO, C. N.; NGOKA, K. E. Environmental impacts of food and agricultural production: a systematic review. **Eur. Acad. Res**, v. 8, n. 2, p. 1120-1135, 2020. ISSN 2286-4822. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341787175_Environmental_Impacts_of_Food_and_Agricultural_Production_A_Systematic_Review. Acesso em: 29 de julho de 2023.

BALESTRIN, D.; MARTINS, S. V.; FONSECA, W.; COSIMO, L. H. E. Relationship between soil seed bank and canopy coverage in a mined area. **Revista Árvore**, v. 43, p. e430403, 2019. DOI: 10.1590/1806-90882019000400003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/CTKHZv8vtm9Sjj9vMT6fGwQ/?lang=en>. Acesso em: 12 mar. 2024.

BARBOSA, V. A; NABOUT, J. C.; DA CUNHA, H. F. Spatial and temporal deforestation in the Brazilian Savanna: The discrepancy between observed and licensed deforestation in the state of Goiás. **Land Use Policy**, v. 131, p. 106730, 2023. ISSN 0264-8377. DOI: 10.1016/j.landusepol.2023.106730. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837723001965?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

BAWEJA, P.; KUMAR, S.; KUMAR, G. Fertilizers and pesticides: Their impact on soil health and environment. **Soil Health**, p. 265-285, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-44364-1_15.

Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-44364-1_15. Acesso em: 12 mar. 2024 .

BECKMANN, E.; SANTANA, A. C. Modernização da Agricultura na Nova Fronteira Agrícola do Brasil: Mapitoba e Sudeste do Pará. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, p. 81–102, 2019. DOI: 10.17765/2176-9168.2019v12n1p81-102. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5749>. Acesso em: 12 mar. 2024.

BOAVENTURA, K. J.; DA CUNHA, É. L.; SILVA, S. D. e. Recuperação de áreas degradadas no Brasil: conceito, história e perspectivas. **Revista Tecnica**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 135–155, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifg.edu.br/tecnica/article/view/1041>. Acesso em: 12 mar. 2024.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 29 de julho de 2023.

BRASIL. **Portaria n. 288, de 2 de julho de 2020**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-288-de-2-de-julho-de-2020-264916875>>. Acesso em: 29 de julho de 2023.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic classification of Köppen-Geiger for the state of Goiás and the Federal District. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. DOI: 10.18227/2177-4307.acta.v8i16.1384. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/1384>. Acesso em: 12 mar. 2024.

CARVALHO, J. S.; KUNDE, R. J.; STÖCKER, C. M.; LIMA, A. C. R.; SILVA, J. L. S. Evolution of physical, chemical, and biological attributes of hydromorphic soil under crop-livestock integration systems in the Pampa biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1131-1139, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/t9MzzHs4s76zJWtzcQY5V3D/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2024.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PARANAÍBA (CBH PARANAÍBA). **Municípios da Bacia**. Disponível em: <http://www.cbhparanaiba.org.br/>. Acesso em 29 de junho de 2021.

DAMASCO, G.; FONTES, C.; FRANÇOSO, R.; HAIDAR, R. The Cerrado biome: a forgotten biodiversity hotspot. **Front. Young Minds**, v. 6, p. 22, 2018. DOI: 10.3389/frym.2018.00022. Disponível em: <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2018.00022>. Acesso em: 12 mar. 2024.

DARGAINS, A.; CABRAL, P. A GIS-based methodology for sustainable farming planning: Assessment of land use/cover changes and carbon dynamics at farm level. **Land Use Policy**, v. 111, p. 105788, 2021. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105788. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837721005111>. Acesso em: 12 mar. 2024.

DE OLIVEIRA, R. B.; DE FARIA, K. M. S. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINZINHO – GOIÁS. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 74–87, 2021. DOI: 10.14393/RCG228155183. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/55183>. Acesso em: 12 mar. 2024.

DINKA, M. O.; CHAKA, D. D. Analysis of land use/land cover change in Adei watershed, Central Highlands of Ethiopia. **Journal of water and land development**, n. 41, p. 146-153, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0038>. Disponível em: <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/129330/edition/112874/content>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.8.1®. Redlands, CA: **Environmental Systems Research Institute**, 2020.

EMAMI-SKARDI, M. J.; MOMENZADEH, N.; KERACHIAN, R. Social learning diffusion and influential stakeholders identification in socio-hydrological environments. **Journal of Hydrology**, v. 599, p. 126337, 2021. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126337. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216942100384X?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

BURUSO, F. H.; ADIMASSU, Z.; SIBALI, L. L. Effects of land use/land cover changes on soil properties in Rib watershed, Ethiopia. **CATENA**, v. 224, p. 106977, 2023. DOI: 10.1016/j.catena.2023.106977. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816223000681?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

FARIA, D.; MORANTE-FILHO, J. C.; BAUMGARTEN, J.; BOVENDORP, R. S.; CAZETTA, E.; GAIOTTO, F. A.; MARIANO-NETO, E.; MIELKE, M. S.; PESSOA, M. S.; ROCHA-SANTOS, L.; SANTOS, A. S.; SOARES, L. A. S. S.; TALORA, D. C.; VIEIRA, E. M.; BENCHIMOL, M. The breakdown of ecosystem functionality driven by deforestation in a global biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, v. 283, p. 110126, 2023. DOI: 10.1016/j.biocon.2023.110126. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320723002276?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR)., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5755-5762. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-16380-PRE/10958). Disponível em: <http://urlib.net/ibi/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.20.16.57>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ESTADO DE GOIÁS. **Lei n. 18.104, de 18 de julho de 2013**. Disponível em: https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/90203/lei-18104. Acesso em: 29 de julho de 2023.

GUTIERREZ, C. B. B.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GUTIERREZ, D. M. G.; SANTOS, L. S.; TAVARES DE PAULA, M. Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 521-534, 2016. DOI: 10.5935/1984-2295.20170033. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/233806>. Acesso em: 12 mar. 2024.

HOFMANN, G. S.; CARDOSO, M. F.; ALVES, R. J. V.; WEBER, E. J.; BARBOSA, A. A.; DE TOLEDO, P. M.; PONTUAL, F. B.; SALLES, L. de O.; HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; AQUINO, F. E.; DE OLIVEIRA, L. F. B. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier.

Global Change Biology, v. 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021. DOI: 10.1111/gcb.15712.
Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15712>. Acesso em: 12 mar. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro. IBGE, 2013. 3.ed. 170p. : il. ISBN: 9788524043079.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>. Acesso em 06 de abril de 2022.

JIANG, M.; XU, L.; CHEN, X.; ZHU, H.; FAN, H. Soil quality assessment based on a minimum data set: a case study of a county in the typical river delta wetlands. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 9033, 2020. DOI: 10.3390/su12219033. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/9033>. Acesso em: 12 mar. 2024.

KATRA, I. Soil erosion by wind and dust emission in semi-arid soils due to agricultural activities. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 89, 2020. DOI: 10.3390/agronomy10010089. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/1/89>. Acesso em: 12 mar. 2024.

KAUR, T.; SINHA, A. K. **Pesticides in agricultural run offs affecting water resources: a study of Punjab (India)**. **Agricultural Sciences**, v. 10, n. 10, p. 1381-1395, 2019. DOI: 10.4236/as.2019.1010101. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=96033>. Acesso em: 12 mar. 2024.

KLIK, A.; ROSNER, J. Long-term experience with conservation tillage practices in Austria: Impacts on soil erosion processes. **Soil and Tillage Research**, v. 203, p. 104669, 2020. 10.1016/j.still.2020.104669. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198720304517?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

KUMAR, R.; KUMAR, A.; SAIKIA, P. Deforestation and forests degradation impacts on the environment. In: SINGH, V. P.; YADAV, S.; YADAV, K. K.; YADAVA, R. N. (eds) **Environmental Degradation: Challenges and Strategies for Mitigation**. Water Science and Technology Library, v. 104. Springer, Cham., p. 19-46, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-95542-7_2. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-95542-7_2. Acesso em: 12 mar. 2024.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. DOI: 10.2307/2529310. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2529310?origin=crossref>. Acesso em: 12 mar. 2024.

LIRA, M. V.; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R. Análise multitemporal da dinâmica da paisagem para os municípios de Barroquinha e Chaval, Noroeste do estado do Ceará-Brasil, pelo uso e cobertura da terra. **Land**, v. 11, 2019. DOI: 10.3390/land11010103. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/11/1/103>. Acesso em: 12 mar. 2024.

LUCAS, E. de O.; BERNARDO, J. T.; MESQUITA, M. O.; SCHMITZ, J. A. K. Contamination of water resources by pesticides in the region center of Rio Grande do Sul, Brasil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e242997128, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7128. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7128>. Acesso em: 12 mar. 2024.

MACEDO, F. C. de. Transformação econômica, inserção externa e dinâmica territorial no Centro-Oeste Brasileiro: o caso de Rio Verde. **Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 35-50, 2013. DOI: 10.1590/S1982-45132013000100004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/4LZPtNhrLpzfmHt5mVTTfdv/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2024.

NASCIMENTO, N.; GERHARD, P.; WATRIN, O. dos S. **Análise comparativa de cenários futuros de uso da terra no Nordeste paraense**. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, p. 6837-6844. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.31.29/doc/p1179.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.

NASCIMENTO, O. dos S.; MORAIS, R. C. de S.; SOUZA, I. R. M. de; LIMA, T. P. Análise Espaço-Temporal do Uso e Ocupação da Terra da Bacia Hidrográfica do Alto Paraim – Piauí. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 32, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.voi32.49955. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/49955>. Acesso em: 12 mar. 2024.

OLJIRRA, A. The causes, consequences and remedies of deforestation in Ethiopia. **Journal of Degraded and Mining Lands Management**, Malang, Indonesia, v. 6, n. 3, p. 1747–1754, 2019. DOI: 10.15243/jdmlm.2019.063.1747. Disponível em: <https://jdmlm.ub.ac.id/index.php/jdmlm/article/view/527>. Acesso em: 12 mar. 2024.

PEREIRA, M. A. S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; TELES, A. P. S.; AYRES, F. M. Caracterização ambiental do uso e ocupação do solo das áreas de influência em municípios da Rota de Integração Latino-Americana. **Interações (Campo Grande)**, [S. l.], v. 20, n. especial, p. 255–266, 2019. DOI: 10.20435/inter.v20iespecial.2147. Disponível em: <https://interacoesucdb.emnuvens.com.br/interacoes/article/view/2147>. Acesso em: 12 mar. 2024.

POLIZEL, S. P.; VIEIRA, R. M. S. P.; POMPEU, J.; FERREIRA Y. da C.; SOUSA-NETO, E. R. de; BARBOSA, A. A.; OMETTO, J. P. H. B. Analisando a dinâmica do uso da terra no contexto das atuais políticas de conservação e posse da terra na região do Cerrado – MATOPIBA (Brasil). **Land Use Policy**, v. 109, p. 105713, 2021. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105713. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721004361?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

PONTIUS JR, R. G.; SHUSAS, E.; MCEACHERN, M. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 101, n. 2-3, p. 251-268, 2004. DOI: 10.1016/j.agee.2003.09.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016788090300327X?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

PRAKASH, S.; VERMA, A. K. Anthropogenic activities and Biodiversity threats. **International Journal of Biological Innovations**, IJBI, v. 4, n. 1, p. 94-103, 2022. DOI: 10.46505/IJBI.2022.4110. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4048276. Acesso em: 12 mar. 2024.

ROCHA, E.; REYS, P.; SILVA, P. O.; SOARES, M. P. Florística e fitossociologia em um fragmento de Cerrado no sudoeste de Goiás. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 110-118, 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/284845152_Floristica_e_Fitossociologia_em_um_Fragmento_de_Cerrado_no_Sudoeste_de_Goias. Acesso em: 12 mar. 2024.

RODRIGUES, A. B. M.; GIULIATTI, N. M.; JÚNIOR, A. P. Aplicação de metodologias de recuperação de áreas degradadas nos biomas brasileiros/ Application of methodologies for degraded areas recovering in the Brazilian Biomes. **Brazilian Applied Science Review**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 333–369, 2020. DOI: 10.34115/basrv4n1-021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/6996>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SALAZAR, S. C.; LIMA, A. M. M. de. Análise do uso e ocupação da terra e sua influência na sub-bacia do Ji-Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 201–212, 2019. DOI: 10.26848/rbgf.v12.1.p201-212. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/237341>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SANTOS, G. O.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 22, p. e17, 2018. DOI: 10.5902/2236499426572. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/26572>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. Editado pela Comissão interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966. 61p.

SIDDIQUE, M. A.; DONGYUN, L.; LI, P.; RASOOL, U.; KHAN, T. U.; FAROOQI, T. J. A.; WANG, L.; FAN, B.; RASOOL, M. A. Assessment and simulation of land use and land cover change impacts on the land surface temperature of Chaoyang District in Beijing, China. **PeerJ**, v. 8, p. e9115, 2020. DOI: 10.7717/peerj.9115. Disponível em: <https://peerj.com/articles/9115/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SILVA, D. C. C.; ALBULQUERQUE FILHO, J. L.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 42, p. 72 - 85, 2017. ISSN 2177-2738. DOI: 10.5380/raega.v42i0.45524. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45524>>. Acesso em: 11 abr. 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v42i0.45524>.

SILVA, C. M. da. Between Fenix and Ceres: the great acceleration and the agricultural frontier in the Brazilian Cerrado. **Varia Historia**, v. 34, p. 409-444, 2018. DOI: 10.1590/0104-87752018000200006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vh/a/QJwHqKNbfZkcxhPRQWpBgRq/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SILVA, J. da; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; ANDREOLI, C. V.; RAUEN, W. B. Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. **Journal of environmental management**, v. 254, p. 109750, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109750. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479719314689?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SOUZA, J.; MARTINS, P.; DRUCIAKI, V. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. e922020, 8 set. 2020. Disponível em: <<https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/10857>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

DE SOUZA, S. S. G.; VALE, J. R. B.; COSTA, M. S. S.; CHAGAS, B. R.; GONÇALVES, C. S.; BOTELHO, M. G. L.; FURTADO, L. G.; CARNEIRO, C. R. O.; BATISTA, V. A.; MORALES, G. P. Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra do Município de Moju-PA, utilizando Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 2332–2339, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.5.p2332-2339. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/246159>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SRIVASTAV, A. L. Chemical fertilizers and pesticides: role in groundwater contamination. **Agrochemicals detection, treatment and remediation**. p. 143-159, 2020. DOI: 10.1016/B978-0-08-103017-2.00006-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780081030172000064?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

TERRA, M. C. N. S.; NUNES, M. H.; SOUZA, C. R.; FERREIRA, G. W. D.; DO PRADO-JUNIOR, J. A.; REZENDE, V. L.; MACIEL, R.; MANTOVANI, V.; RODRIGUES, A.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.; DE MELLO, J. M. The inverted forest: Aboveground and notably large belowground carbon stocks and their drivers in Brazilian savannas. **Science of The Total Environment**, v. 867, p. 161320, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161320. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722084248?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2024.

USGS – United States Geological Survey. **EarthExplorer**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2020.

VIEIRA, C. H. N.; MATTOS, L. M.; MALAQUIAS, J.; AQUINO, F. G.; MARTINS, P. T. A. Análise Multitemporal do Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Jardim, Planaltina-DF (Multi-temporal analysis of land use and cover in the Alto Rio Jardim Watershed, Planaltina-DF, Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 085–098, 2018. DOI: 10.26848/rbgf.v10.6.p085-098. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/234210>. Acesso em: 12 mar. 2024.

WANG, H. Research on Environmental Change and Sustainability. **Highlights in Science, Engineering and Technology**, [S. l.], v. 50, p. 226–232, 2023. DOI: 10.54097/hset.v50i.8542. Disponível em: <https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/8542>. Acesso em: 12 mar. 2024.

Recebido em: 15/05/2024.
Aprovado para publicação em: 30/12/2024.