

## Mudanças na cobertura e no uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Ceroula no período entre 1985 e 2021

Viviane Capoane<sup>1</sup>

Henrique de Oliveira Diniz Carvalhal

### RESUMO

A mudança na cobertura da terra é o fator dominante que provoca alterações na superfície terrestre e representa um dos impactos humanos mais significativos no meio ambiente. Na Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula (BHCC) há duas Unidades de Conservação, e as Áreas de Proteção Ambiental correspondem a 75,6% do território. Neste trabalho foram analisadas as mudanças na cobertura e no uso da terra na BHCC no período entre 1985 e 2020. Para 2021, em situação de seca, foram derivados índices radiométricos de vegetação de imagens Sentinel-2. A vegetação nativa que representava 30,7% da BHCC em 1985 reduziu para 24,8% em 2020. A classe de uso pastagem predominou em todo o período analisado. A soja que não era cultivada em 1985 ocupava 12,7% da BHCC em 2020. Nas décadas de 1980 e 1990, a redução da vegetação nativa ocorreu em detrimento das áreas de pastagem, a partir do ano 2000, houve um avanço da cultura da soja sobre áreas anteriormente utilizadas para a pecuária. A predominância de atividades agrícolas, mal manejadas, impacta os ecossistemas terrestres e aquáticos. **Palavras-chave:** Pecuária de corte; Lavouras; Soja; Degradação ambiental; Saúde do ambiente.

### LAND COVER AND LAND USE CHANGES IN THE CEROULA WATERSHED BETWEEN 1985 AND 2021

### ABSTRACT

Land cover change is the dominant factor causing alterations in the Earth's surface and represents one of the most significant human impacts on the environment. In the Ceroula River Watershed (CRW), there are two Conservation Units, and the Environmental Protection Areas correspond to 75.6% of the territory. In this study, changes in land cover and land use in the CRW were analyzed from 1985 to 2021. For 2021, during a dry period, radiometric vegetation indices were derived from Sentinel-2 images. The native vegetation, which represented 30.7% of the CW in 1985, decreased to 24.8% in 2020. The pasture land use class predominated throughout the period. Soybean, which was not cultivated in 1985, occupied 12.7% of the CRW in 2020. In the 1980s and 1990s, the reduction in native vegetation occurred at the expense of pasture areas. From the year 2000 onwards, there was an expansion of soybean cultivation into areas previously used for livestock. The predominance of poorly managed agricultural activities impacts terrestrial and aquatic ecosystems.

**Keywords:** Crops; Livestock farming; Soybean; Environmental degradation; Environmental health.

### Introdução

Ecossistemas saudáveis desempenham um papel crucial na prestação de diversos serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar social, econômico e ambiental. Esses serviços incluem a ciclagem de nutrientes no solo, o armazenamento de carbono, o controle da erosão e sedimentação em corpos d'água, a filtragem e armazenamento de água, o controle de enchentes, e a manutenção da resiliência do ecossistema, entre outros (EPA, 2021). No entanto, estudos recentes, como o de Song *et al.* (2018), têm alertado para os impactos negativos resultantes da conversão de ecossistemas naturais, como florestas e savanas, para atividades agrícolas frequentemente conduzidas de maneira predatória.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Brasil. capoane@gmail.com

Na América do Sul, a rápida expansão dos usos da terra com *commodities* sustentou o desenvolvimento econômico substancial às custas da cobertura natural da terra e dos serviços ecossistêmicos associados (Zalles *et al.*, 2021). No Brasil, a reconstrução de mais de três décadas de mudanças no uso e cobertura da terra com imagens Landsat (Souza *et al.*, 2020; MapBiomias, 2023) mostra que a cobertura natural composta por formações florestais, savânicas, campestres e floresta alagável reduziram 13,6, 21,7, 9,2 e 2,2%, respectivamente, no período entre 1985 e 2022. No mesmo período, o espelho d'água diminuiu 23,5%. A diminuição da área com vegetação nativa deu-se em detrimento da agropecuária que apresentou um aumento de 150,8%. A área de campo alagado, que se refere a áreas que são periodicamente inundadas ou que possuem um alto nível de umidade devido a condições de drenagem limitada ou proximidade de corpos d'água, reduziu 23,5% entre 1985 e 2022. Dentre as atividades agropecuárias, as pastagens ocupam a maior área com 164.338.657 ha em 2022, o que coloca o Brasil entre os maiores produtores mundiais de carne bovina. A soja, que era plantada em uma área de 4.402.201 ha em 1985 expandiu para 39.373.028 ha em 2022 (MapBiomias, c. 8, 2023), sendo a quantidade produzida de soja em 2021 de 134.934.935 toneladas (IBGE, 2022), o que torna o Brasil o maior produtor mundial desta oleaginosa.

No contexto geográfico específico do estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste do Brasil, onde se concentra o escopo desta pesquisa, os dados da Rede MapBiomias, coleção 8, revelam uma acentuada redução nas formações florestais, savanas e áreas campestres de 34,1%, 49,1% e 55,8%, respectivamente, entre 1985 e 2022. As formações campestres aumentaram 379,6% no período, resultado da descaracterização das formações florestais e savânicas (Capoane, 2023). As áreas plantadas com espécies exóticas (eucalipto e seringueira), soja e cana-de-açúcar aumentaram 2.761,2, 642,3 e 228.513,5%, respectivamente.

No contexto da Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula (BHCC), que é o foco deste estudo, observa-se uma dinâmica de mudança na cobertura e no uso da terra que segue a tendência do estado de Mato Grosso do Sul (Capoane, 2023). Esta bacia hidrográfica possui extrema importância para os municípios de Terenos e Campo Grande, pois abriga duas Unidades de Conservação e o seu baixo curso corresponde a áreas de recarga do aquífero Guarani.

Considerando que a mudança na cobertura da terra é o fator dominante que provoca alterações na superfície global e representa um dos impactos humanos mais significativos no meio ambiente, com implicações para o funcionamento do ecossistema, ciclos biogeoquímicos e processos biofísicos (Vitousek *et al.*, 1997; Bustamante *et al.*, 2016; Song *et al.*, 2018), e levando em conta que 50% do abastecimento público da capital do estado de Mato Grosso do Sul depende de água subterrânea dos aquíferos Guarani e Bauru, o objetivo do presente trabalho é analisar as mudanças ocorridas na cobertura e no uso da terra na BHCC no período entre 1985 e 2021, bem como avaliar os impactos ambientais associados a essas mudanças.

## **Material e métodos**

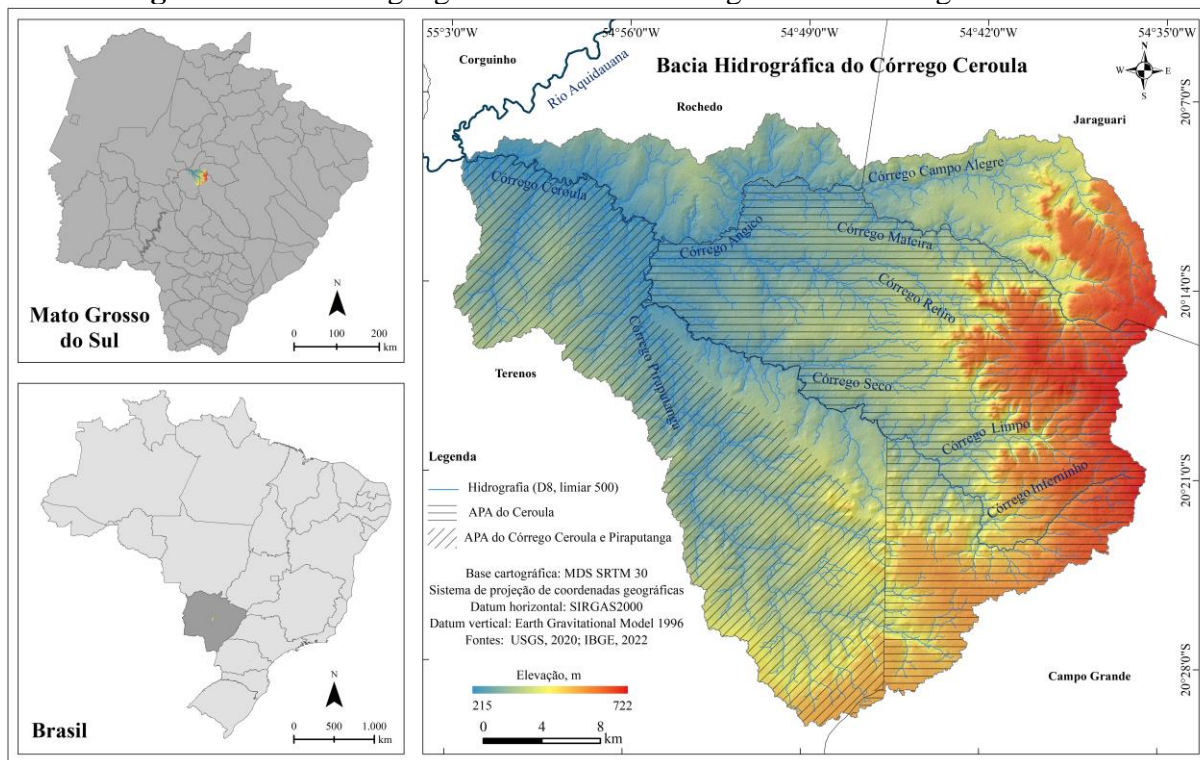
### **Localização e Caracterização da Área de Estudo**

A bacia hidrográfica do córrego Ceroula possui uma área de 1.270,64 km<sup>2</sup> e está localizada na região Centro-Oeste do Brasil, no estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), nos municípios de Campo Grande (43,3%), Terenos (36,4%), Rochedo (11,4%) e Jaraguari (7,9%). Em seu território estão inseridas duas Unidades de Conservação (UCs), do grupo Uso Sustentável (Brasil, 2000), a Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Córrego Ceroula (APA do Ceroula) e a APA do Córrego Ceroula e Piraputanga. As APAs correspondem a 75,6% do território da BHCC.

A APA do Ceroula é “compreendida pela porção da bacia de drenagem do Córrego Ceroula existente no território do Município de Campo Grande” (Campo Grande, 2001, pg. 01), correspondendo a 44,3% da área da bacia hidrográfica. Conforme o Decreto Municipal n. 8.264 de 27 de julho de 2001 (Campo Grande, 2001, pg. 01), esta APA foi criada com as finalidades de: “recuperar, proteger e conservar os cursos d’água [...]; proteger os ecossistemas locais, suas paisagens notáveis, o solo e demais atributos naturais que possam ser considerados relevantes; [...]; promover programas, projetos e ações de gestão e manejo da área que contribuam com a sustentabilidade econômica e social [...]”.

A APA do Córrego Ceroula e Piraputanga, inserida no município de Terenos, corresponde a 31,3% da área da bacia hidrográfica. O território da APA compreende “[...] uma área contígua entre os municípios de Terenos e Campo Grande que englobam sistemas naturais e inter-relacionados, como o trecho onde o Córrego Ceroula recebe água do Córrego Piraputanga” (Terenos, 2005, n.p). Ela foi criada através de Decreto Municipal n. 1.831 de 23 de maio de 2005, “com o objetivo de proteger o conjunto paisagístico, ecológico e histórico-cultural, promover a recuperação de seus mananciais, compatibilizando-as com o uso racional dos recursos ambientais e ocupação ordenada do solo, garantindo qualidade ambiental e da vida das comunidades autóctones.” (Terenos, 2005). De acordo com o disposto no Encarte I - Caracterização geral da unidade de conservação - do Plano de Manejo, a criação desta APA foi “incentivada pelos benefícios do ICMS Ecológico, principal ferramenta indutora da criação das unidades de conservação municipais” (Terenos, 2016, pg. 43).

**Figura 1.** Contexto geográfico da Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula.



Fontes: USGS (2020) e IBGE (2022). Elaboração: Primeira autora (2023).

Quanto aos aspectos físicos da BHCC, a litologia é composta pela Formação Serra Geral (73,9%), Formação Botucatu (20,9%), Grupo Caiuá indiviso (2,3%) e Depósitos Aluvionares Holocênicos (2,9%) (IBGE, 2021). Geomorfologicamente, a área situa-se na transição do planalto com a escarpa de erosão e as Unidades presentes são: Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná (73,7%); Planalto de Campo Grande (15,5%); e Planalto Sul-Mato-Grossense (10,8%) (IBGE, 2021). As elevações variam de 255 a 722 m, com amplitude

de 467 m, e declives variando de 0 a 127,41%, com média de 6,45%. As áreas mais declivosas estão associadas à escarpa de erosão e ao relevo dissecado pela rede de drenagem (Carvalho; Capoane, 2022). A classe Latossolo Vermelho Distrófico, associada aos basaltos da Formação Serra Geral, ocupa uma área de 60,0% da BHCC e as classes Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), associada aos arenitos do Grupo Caiuá indiviso e Neossolos Litólicos Eutróficos, associados a escarpa de erosão, ocupam 26,8% e 13,2% da área, respectivamente (IBGE, 2021). O clima é o tropical savânico, com temperatura média de 18°C, sendo a estação mais seca o inverno (Alvares *et al.*, 2014) e os meses de menor precipitação, julho e agosto (capoane, 2022a). No contexto hidrográfico, o córrego Ceroula é tributário do rio Aquidauana (Figura 1), afluente do rio Miranda, que deságua no rio Paraguai. A vegetação natural compõe a ecorregião do Cerrado e os remanescentes florestais mais representativos em área e preservação encontram-se nas áreas declivosas da escarpa de erosão do planalto (Carvalho; Capoane, 2022).

A atividade econômica predominante é a agrícola, com destaque para a pecuária de corte, e recentemente, a inserção da sojicultura. As grandes propriedades produzem carne e soja, principalmente para a exportação, e a agricultura familiar produz comida, principalmente hortaliças, legumes e tubérculos, para a cidade de Campo Grande (Carvalho; Capoane, 2022). Segundo os autores, também estão presentes as atividades pesqueiras, de turismo e de extração mineral. A BHCC está inserida na microrregião de Campo Grande (IBGE, 2021), que é a cidade considerada o grande polo econômico da microrregião.

### **Base Cartográfica, Delimitação da Bacia Hidrográfica e Áreas de Proteção Ambiental**

Para a delimitação da BHCC foi utilizado o Modelo Digital de Superfície (MDS) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), 1 arco de segundo. As duas cenas que cobrem a área de estudo foram obtidas no hub *Earth Explorer* da *United States Geological Survey* (USGS, 2022). O mosaico das cenas e a reprojeção de DATUM de WGS-84 para SIRGAS2000, Zona 21S foram feitas no *software* ArcGIS 10.8.2 (licenciado para a primeira autora).

O limite da BHCC foi extraído do MDS utilizando a ferramenta *watershed* a partir das seguintes etapas: *Fill* → *Flow Direction* (D8) → *Flow Accumulation* → *Conditional* (1.500) → *Raster to Polyline* → *Feature to Point* → *Watershed*. Os limites das APAs foram obtidos utilizando como máscara o limite da BHCC (interflúvios) e limites políticos de Mato Grosso do Sul (Campo Grande e Terenos), seguindo o que consta nos Decretos de criação das APAs. É importante destacar que os limites das APAs foram derivados pelos autores conforme descrito no parágrafo anterior, pois o arquivo vetorial disponibilizado pela Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano (PLANURB), Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR) e Sistema Municipal de Indicadores de Campo Grande, MS (SISGRAN) não contém o documento técnico sobre a base cartográfica utilizada para a delimitação das APAs. Além disso, para a APA inserida no município de Terenos, algumas das coordenadas perimétricas do Decreto n. 1.831/2005 estão no município de Campo Grande.

### **Uso e Cobertura da Terra**

A análise das mudanças na cobertura e no uso da terra no período entre 1985 e 2020, foi feita com base nos dados disponibilizados pela Rede MapBiomias, coleção 6, de 2021. No intervalo temporal de 36 anos os recortes temporais selecionados para a análise foram 1985 (início da série histórica), 1992, 1999, 2007, 2014 e 2020. Detalhes sobre o método de classificação utilizado pela Rede MapBiomias pode ser encontrado no trabalho de Souza *et al.* (2020).

Dado que a classificação do MapBiomas corresponde a uma imagem anual, resultado da tendência do pixel ao longo do ano, para o ano de 2021, foram calculados índices radiométricos de vegetação a partir de imagens do Sentinel-2, a fim de destacar o impacto da sazonalidade climática no vigor da vegetação e mudanças no uso da terra. Além disso, em 2021, a região também enfrentou um período de seca, e a maior resolução espacial (10 m) das imagens do Sentinel-2 possibilitou a análise sazonal da fenologia da vegetação e do uso da terra com base em índices de vegetação.

O índice radiométrico utilizado foi o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Este índice possibilita a identificação da qualidade da vegetação, área foliar e cobertura do solo (JENSEN, 2009), sendo a razão entre a diferença das respostas espectrais das bandas do infravermelho próximo e da banda do vermelho (HUANG *et al.*, 2021). Conforme Rosa (2009), as faixas do vermelho e do infravermelho contém mais de 90% de chance de variação da resposta espectral da vegetação, o que por consequência, realça o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos.

As imagens do satélite Sentinel-2 foram obtidas no *hub copernicus* e as datas selecionadas foram: 28/04, 07/07, 31/08, 30/09, 25/10 e 04/11 de 2021. No período entre 01/01/2021 e 27/04/2021 e para o mês de dezembro de 2021, todas as imagens apresentavam cobertura de nuvens, o que impossibilitou a geração do NDVI. Os índices radiométricos de vegetação foram gerados utilizando as bandas B4 (red) e B8 (near infrared) no *software* SeNtinel Application Platform (SNAP), versão 8.0 (ESA, 2022).

Trabalhos de campo foram realizados na BHCC com o objetivo de registrar fotograficamente diferentes áreas, a fim de estabelecer uma correlação com as classes de cobertura e uso da terra mapeadas pela Rede MapBiomas. Durante essas atividades, também foram identificadas e documentadas pequenas áreas de agricultura familiar dedicadas à produção de hortaliças, legumes e tubérculos. Essa categoria específica de uso da terra não está contemplada no MapBiomas devido à limitação da escala espacial das imagens utilizadas, que possuem resolução de 30 metros (Landsat TM e OLI). Além disso, os trabalhos de campo permitiram o registro de áreas de mineração e turismo presentes na região. Esses locais possuem características e impactos ambientais que não são totalmente capturados pelas imagens de satélite de baixa resolução espacial.

## **Resultados e discussões**

No ano de 1985, 30,73% da área da BHCC era composta por vegetação nativa sendo 27,9% de formação florestal, 1,1% de formação savânica, 1,7% de campo alagado e 0,03% de formações campestres. A classe pastagem ocupava 47,4% da área da BHCC. Mosaico de agricultura e pastagem correspondia a 20,8%; infraestrutura urbana, 0,3% (sede dos municípios de Terenos e Campo Grande); áreas não vegetadas 0,7%; rios e reservatórios 0,04%; e outras lavouras temporárias 0,1% (Tabela 1 e Figura 2).

No ano de 1992 observa-se o decréscimo de 3,3% (24,6%) da área da classe formação florestal. A classe formação savânica aumentou 0,1% passando para 1,8% e a classe formação campestre também apresentou pequeno aumento em relação a 1985 (0,05%) o que pode ser atribuído a descaracterização de formações florestais (Tabela 1 e Figura 2). Campo alagado manteve a mesma área de 1,7%. Para a classe pastagem, houve um aumento de 8,8% (de 47,4% para 56,2%). O aumento das áreas de pastagem resultou da supressão da vegetação nativa. A classe mosaico de agricultura e pastagem ocupava 12,6% da área da BHCC. Infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas; rios e reservatórios, soja e, outras lavouras temporárias ocupavam 0,4, 0,2, 0,1, 0,01 e 2,4%, respectivamente.

**Tabela 1.** Quantificação das classes de uso e cobertura da terra para os anos de 1985, 1992, 1999, 2007, 2014 e 2020

Classes de cobertura e uso da terra / Ano	1985	1992	1999	2007	2014	2020
	Área %					
Formação florestal	27,9	24,6	23,0	21,6	21,9	22,2
Formação savânica	1,1	1,8	1,5	2,3	2,0	1,1
Formação campestre	0,03	0,05	0,04	0,06	0,08	0,06
Campo alagado	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
Silvicultura	-	-	-	-	0,2	0,3
Pastagem	47,3	56,2	60,1	60,2	52,0	45,2
Mosaico de agricultura e pastagem	20,9	12,6	11,7	11,8	17,7	15,7
Infraestrutura urbana	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6
Outras áreas não vegetadas	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Rios e reservatórios	0,04	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1
Soja	-	0,01	0,001	1,6	3,1	12,7
Outras lavouras temporárias	0,1	2,4	1,3	0,2	0,7	0,5

Fonte: MapBiomas, coleção 6. Elaboração: Primeira autora (2023).

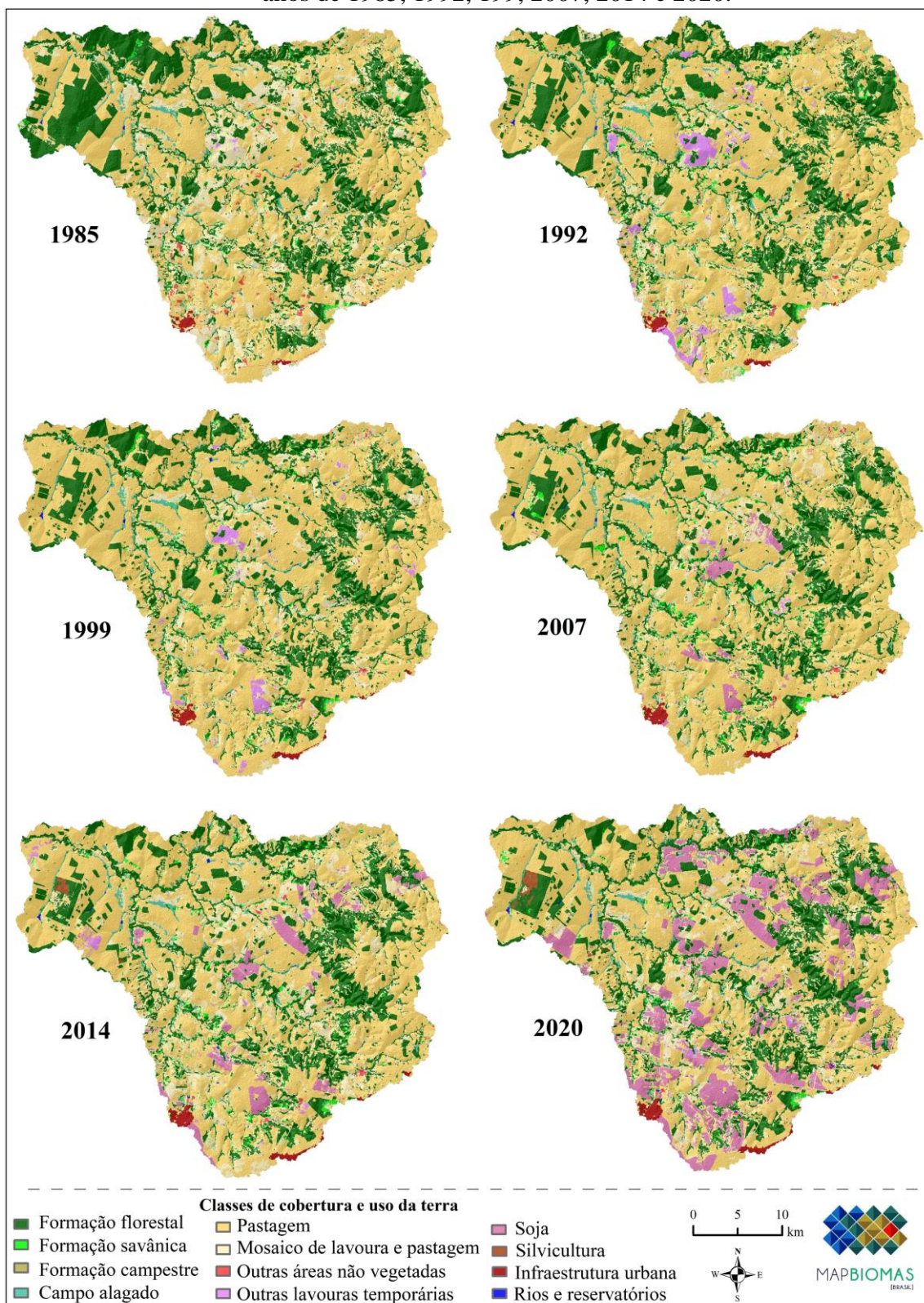
No ano de 1999, 23% da BHCC era composta de formações florestais, 1,5% de formações savânicas, 1,6% de campos alagados, 0,04% de formação campestre, 60,1% de pastagem, 11,7% de mosaico de agricultura e pastagem, 0,5% de infraestrutura urbana, 0,2% de outras áreas não vegetadas, 0,1% de rios e reservatórios, 0,01% soja e; 1,3% de outras lavouras temporárias (Tabela 1). Entre 1992 e 1999 a classe formação florestal diminuiu 1,6%; soja não apresentou alteração; e pastagem aumentou 3,9%.

No ano de 2007 (Figura 2), 25,5% da área da BHCC era composta por vegetação nativa sendo 21,6% a classe formação florestal, 2,3% formação savânica, 1,5% campo alagado e 0,1% formação campestre. Pastagem, mosaico de lavoura e pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, rios e reservatórios, soja e outras lavouras temporárias ocupavam, 60,2, 11,8, 0,6, 0,2, 0,1, 1,6, 0,2%, respectivamente (Tabela 1). Neste ano, a classe pastagem apresentou pequeno aumento (0,1%) em relação a 1999. Já a classe soja expandiu 1,6%, e esta expansão deu-se em áreas de pastagens e formações florestais, que apresentaram uma redução na área de 1,4%.

No ano de 2014 (Figura 2) a área com vegetação nativa foi a mesma de 2007, 25,5% da BHCC, sendo 21,9% a classe formação florestal, 2,0% formação savânica, 1,5% campo alagado e 0,1% formação campestre. Entre 2007 e 2014 houve um pequeno crescimento nas formações florestais (0,3%) e redução (0,3%) da formação savânica (Tabela 1), o que pode ser erro de classificação (coleção 6: acurácia global 90,8%; discordância de alocação 7,5%; e discordância de quantidade 1,7%); a classe silvicultura, não mapeada nos anos de 1985, 1992 e 2007, ocupavam 0,2% da BHCC. Entre 2007 e 2014 a classe pastagem teve uma redução na área de 8,2% passando de 60,2% para 52,0%. Mosaico de agricultura e pastagem correspondia a 17,7%; infraestrutura urbana 0,6%; outras áreas não vegetadas 0,2%; rios e reservatórios 0,1%; soja 3,1%; e outras lavouras temporárias 0,7% (Tabela 1).



**Figura 2.** Classes de cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Ceroula nos anos de 1985, 1992, 199, 2007, 2014 e 2020.



Fonte: MapBiomias, coleção 6. Elaboração: Primeira autora (2023).

A área plantada com soja aumentou 1,5% entre 2007 e 2014 e esse avanço deu-se em áreas anteriormente utilizadas para a pecuária. Para a silvicultura, conforme dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2011), o estado de Mato



Grosso do Sul apresentou em 2010 o maior aumento percentual na área cultivada com eucalipto dentre os estados brasileiros, se tornando o quarto maior produtor de florestas do país, com uma área aproximada de 388 mil hectares. Em 2021, as florestas plantadas com eucalipto no MS ocupavam uma área de 1.045.765 ha, atrás apenas do estado de Minas Gerais que possui uma área plantada de 2.021.562 ha (IBGE, 2023). A instalação de fábricas de celulose no MS tende a aumentar o plantio de florestas de eucalipto no quadrante nordeste do estado, em áreas de pastagens degradadas e com solos arenosos (RQs), que possuem baixa aptidão agrícola para a inserção da sojicultura.

No ano de 2020 (Figura 2), 24,8% da área da BHCC era composta por vegetação nativa sendo 22,2% a classe formação florestal, 1,1% formação savânica, 1,4% campo alagado e 0,1% formação campestre. Silvicultura ocupava 0,3% da BHCC. A área ocupada com pastagem reduziu 6,8% passando de 52,0% em 2014 para 45,2% em 2020. Mosaico entre agricultura e pastagem ocupava 15,7% da BHCC; infraestrutura urbana 0,6%; outras áreas não vegetadas 0,2%; rios e reservatórios 0,1%; e outras lavouras temporárias 0,5% (Tabela 1). A classe soja apresentou um aumento na área plantada de 9,6%, passando de 3,1% para 12,7%. Este aumento deu-se, principalmente, em áreas de pastagem, que apresentou uma redução na área de 6,8% entre 2014 e 2020 (Tabela 1).

**Figura 3.** Processos erosivos causados pelo tráfego de animais até os córregos e reservatórios para dessedentação.



Fotos: Primeira autora. Datas: a) 01/10/2022; b) 19/09/2022; c) 06/05/2023; d) 15/04/2022.

Nas áreas de pecuária extensiva o pisoteio do gado acelera a mecânica do processo erosivo (desagregação, transporte e deposição) impactando significativamente os ecossistemas terrestres e aquáticos (Capoane; Rheinheimer, 2013; Lima; Guerra, 2019; Capoane, 2022a). Observou-se via imagens orbitais e em campo (Figura 3), passivos ambientais em Áreas de Preservação Permanente (APPs) ribeirinhas e do entorno de reservatórios formados a partir da construção de barragens de terra. O acesso dos animais aos rios para a dessedentação acelera os processos erosivos lineares a partir da formação de trilhas, que evoluem para sulcos, ravinas e, em alguns casos, para voçorocas. Isso degrada a qualidade da água e diminui a quantidade em função do assoreamento dos canais e reservatórios. As trilhas de acesso também aumentam a conectividade encosta-rio (Capoane; Rheinheimer, 2013; Capoane, 2021; 2022b). Conforme



legislação ambiental, federal (Brasil, 2012) e estadual (Mato Grosso do Sul, 2014), estas áreas devem ser recuperadas a partir de um Projeto de Recuperação de Áreas Alteradas ou Degradadas.

Nas áreas de soja, processos erosivos também foram observados em campo, principalmente em decorrência do manejo convencional (Figura 4ac) e do baixo conteúdo de biomassa (Figura 4b). A expansão da soja tende a aumentar nos próximos anos em resposta a desvalorização do Real que torna mais atrativa a produção de *commodities* para a exportação. Os monocultivos de soja e milho safrinha (Figura 4d) impactam o ambiente e a saúde dos organismos vivos que usufruem dos serviços ecossistêmicos, pois essas culturas utilizam doses massivas de agroquímicos (Bombardi, 2017; Pignati *et al.*, 2017).

Embora as lavouras de soja predominem em áreas de solos argilosos, esse monocultivo avança nas cabeceiras de drenagem em áreas de solos arenosos derivados dos arenitos do Grupo Caiuá indiviso, e no baixo curso onde predominam solos arenosos derivados dos arenitos da Formação Botucatu. Estes solos são mais suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos e, devido à alta permeabilidade do solo e da rocha, os agrotóxicos também podem contaminar as águas subterrâneas - aquífero Bauru (livre) nas cabeceiras e Guarani, cujas áreas de recarga (Formação Botucatu) encontram-se no baixo curso da BHCC.

**Figura 4.** a) Resteva de soja em área de transição Serra Geral (solos argilosos) e Grupo Caiuá (solos arenosos); b) Lavoura de soja sem cobertura morta; c) Área de Neossolo Quartzarênico sendo preparada para o plantio; d) milho safrinha no pós-colheita da soja



Fotos: Primeira autora. Datas fotos: a) 01/04/2023; b e c) 01/11/2021; d) 15/04/2022.

Nos trabalhos de campo foi observado que algumas áreas classificadas como lavouras temporárias correspondem à produção de hortaliças, legumes e tubérculos. Estas áreas localizam-se próximo ao perímetro urbano de Campo Grande. Assim como observado nas áreas de produção de soja (Figura 4ac), o sistema de preparo do solo é o convencional (Figura 5), que acelera a mecânica do processo erosivo pela exposição do solo e oxidação da matéria orgânica do solo. Além de degradar física, química e biologicamente a qualidade do solo, e quali e quantitativamente a água dos canais de drenagem e reservatórios, o manejo inadequado de áreas agrícolas, diminui a renda dos agricultores em função do aumento dos custos de

produção. Os processos de degradação observados em campo evidenciam a necessidade de manejo conservacionista e uma maior atuação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural.

**Figura 5.** Cava de mineração, pesqueiros e áreas de produção de hortaliças, legumes e tubérculos próximas a cidade de Campo Grande/MS.



Fonte: Google Earth. Elaboração: Primeira autora.

Os seis recortes temporais de índices radiométricos de vegetação para ano de 2021 (Figura 6) mostram o efeito da sazonalidade climática e da seca no vigor da vegetação, o que por sua vez, afeta a produção de grãos, hortaliças e a disponibilidade de forragem. Em 28 de abril de 2021, final do período chuvoso na região, os valores de NDVI variaram de  $-0,685815$  a  $0,99898$ , com média de  $0,57$  e desvio padrão de  $0,22$ . Em 07 de julho observa-se uma queda significativa no vigor da vegetação (Figura 6) e os valores de NDVI variaram de  $-0,675037$  a  $0,933775$ , com média de  $0,45$  e desvio padrão de  $0,19$ . Em 31 de agosto o vigor da vegetação estava menor que julho, com valores de NDVI variando de  $-0,563536$  a  $0,91007$  (Figura 6), com média de  $0,33$  e desvio padrão de  $0,17$ . Isso se deve às baixas precipitações e ventos fortes que aumentam a evaporação da água do solo deixando as plantas com suprimento insuficiente de umidade no solo. Em 30 de setembro os valores de NDVI variaram de  $-0,711002$  a  $0,969862$  (Figura 6), com média de  $0,34$  e desvio padrão de  $0,18$ . Observa-se que houve um pequeno aumento no vigor da vegetação em resposta às primeiras chuvas. Em 25 de outubro de 2021 os valores de NDVI variaram de  $-0,648536$  a  $0,931286$  (Figura 6), com média de  $0,49$  e desvio padrão de  $0,23$ . Em 4 de dezembro de 2021 os valores de NDVI variaram de  $-0, -0,453259$  a  $0,97155$  (Figura 6), com média de  $0,65$  e desvio padrão de  $0,20$ .

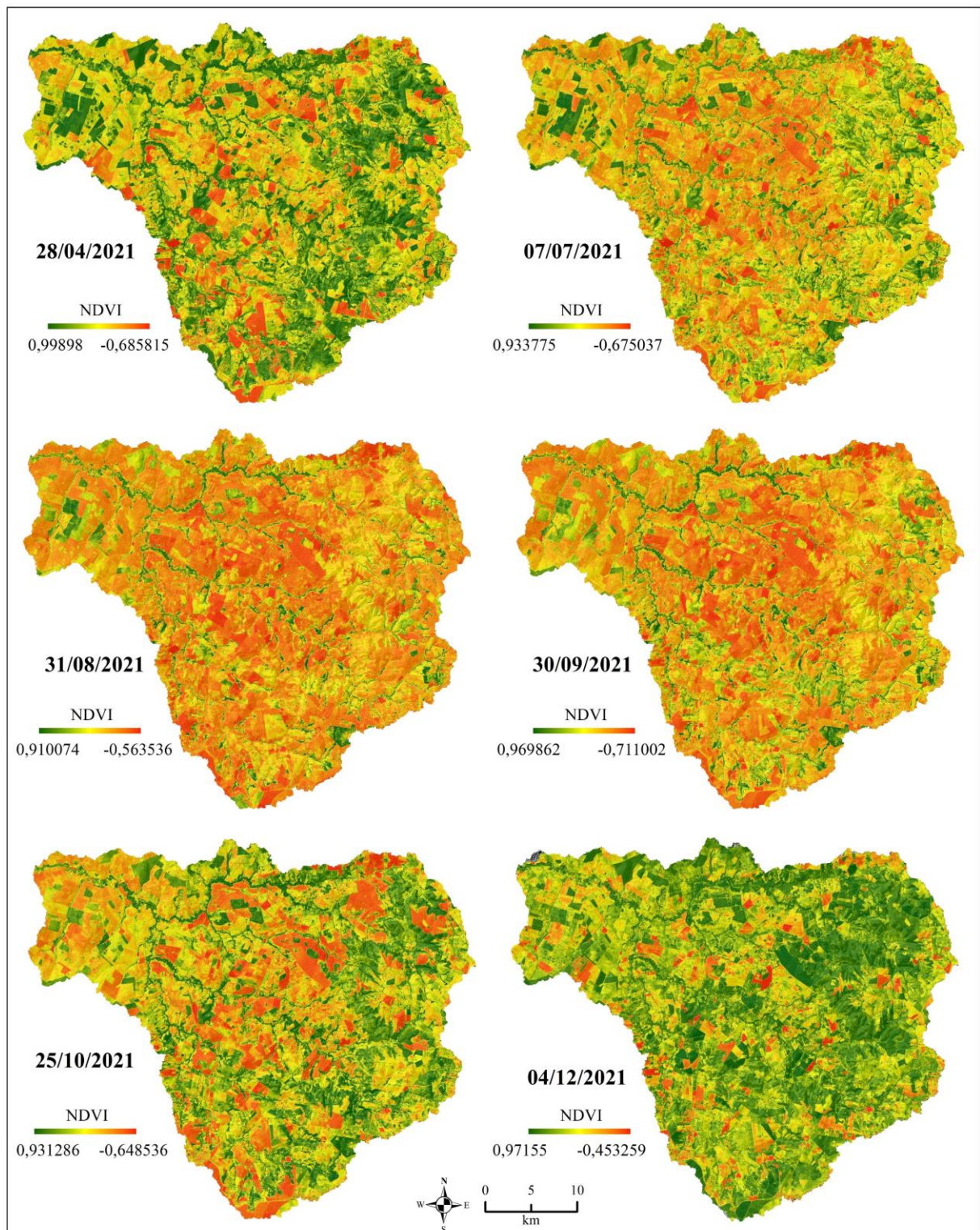
Os maiores valores de NDVI estão diretamente relacionados à sazonalidade climática e, principalmente, com a variável precipitação. No inverno, embora a vegetação nativa apresente caducifolia (Ribeiro; Walter, 2008), a condição de seca, classificada como severa a excepcional pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2021), magnificou o efeito da caducifolia. Isso foi observado por Capoane (2022) na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, em Campo Grande/MS e por Capoane *et al.* (2022) na bacia hidrográfica do córrego Pombal em Jaraguari/MS.

Na região, o fenômeno de caducifolia é observado nos meses de menor precipitação – julho e agosto Capoane *et al.* (2022) -, sendo mais acentuado nas áreas declivosas da escarpa de erosão dos Planaltos Sul-Mato-Grossenses e de Campo Grande, onde se encontram os remanescentes mais bem preservados do Cerrado (Figura 6 e 8). Nas demais áreas da BHCC,



o vigor da vegetação resalta as condições de umidade do solo, que são maiores nos fundos de vale. No inverno, os maiores valores de NDVI distantes de fundo de vale correspondem a áreas com monocultivos de eucalipto, que responde melhor que a vegetação nativa à baixa umidade do solo. Esse comportamento também foi observado por Capoane (2022) na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, em Campo Grande/MS.

**Figura 6.** Índices radiométricos de vegetação para a Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula.

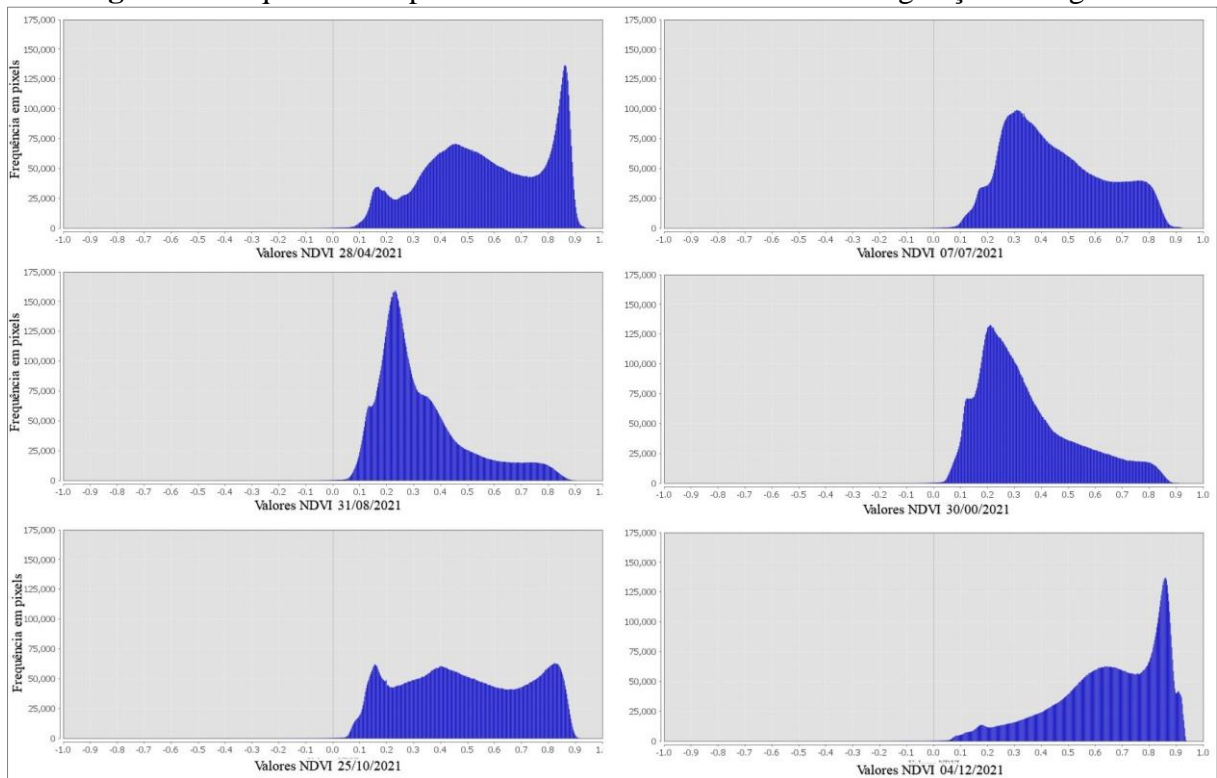


Fonte: Imagens Sentinel-2. Elaboração: Primeira autora (2023).



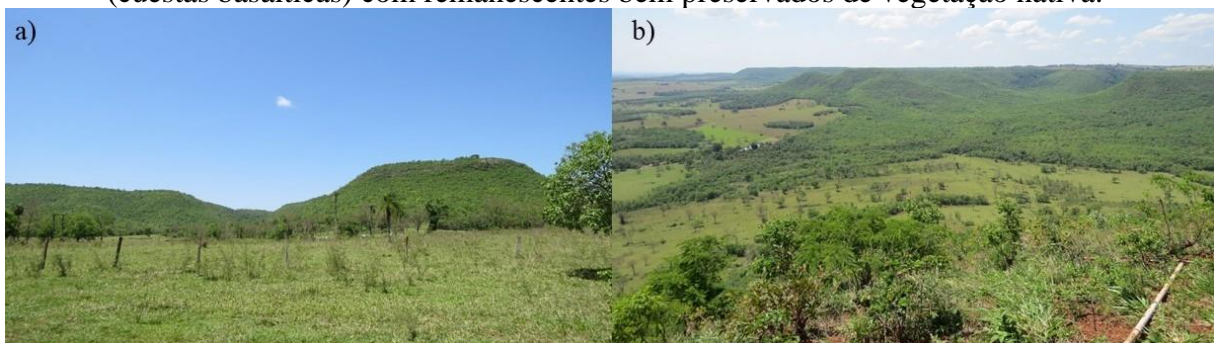
Os seis recortes temporais para o ano de 2021, cuja frequência em pixels é apresentada na Figura 6, mostram que o maior vigor da vegetação está presente nos períodos chuvosos (outubro a abril), e o menor vigor em julho e agosto (Figura 7). Assim como observado por Capoane *et al.* (2022) em bacia hidrográfica próxima a BHCC, observa-se o efeito das primeiras chuvas nos picos de brotação. O conhecimento do efeito da sazonalidade climática no vigor da vegetação, principalmente de pastagens - que é a classe de uso predominante na bacia hidrográfica - é de suma importância para o planejamento de estoque de alimentação para o gado nos períodos de inverno seco e com ventos fortes.

**Figura 7.** Frequência em pixels dos Índices radiométricos de vegetação da Figura 6.



Fonte: Imagens Sentinel-2. Elaboração: Primeira autora (2023).

**Figura 8.** a) Vale do córrego Limpo, tributário do córrego Ceroula e; b) escarpa de erosão (cuestas basálticas) com remanescentes bem preservados de vegetação nativa.



Fotos: Primeira autora. Data: 01/10/2022.

Além da produção de grãos (soja e milho safrinha), carne, hortaliças, legumes e tubérculos, a atividade de mineração também está presente e consiste na extração de basaltos da Formação Serra Geral e areia em Neossolos Quartzarênicos derivados dos arenitos do Grupo Caiuá indiviso. A partir da análise de imagens orbitais foram identificadas seis cavas de extração de basalto sendo quatro ativas e duas inativas, e duas cavas de extração de areia (Figura 9). Parte da área classificada como rios e reservatórios pelo MapBiomias (Figura 2) corresponde as cavas de mineração.

Recursos hidrogeológicos (água mineral) também são explorados, com dezenas de poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Um destes poços (Figura 5), com profundidade de 597 m (Siagas, 2023), é utilizado para captação e envase de água mineral. Embora o poço esteja em um contexto de basaltos da Formação Serra Geral, a água explotada é do aquífero Guarani, cuja zona de recarga (Formação Botucatu) está há poucos quilômetros do local (Carvalho; Capoane, 2022). No MS, conforme o mapa geológico do estado (IBGE, 2021), as áreas de recarga do aquífero Guarani atravessam o estado de Norte a Sul e o movimento das águas subterrâneas são no sentido oeste-leste, seguindo o mergulho das camadas de rocha. Embora superficialmente as águas escoem para oeste, para o rio Paraguai, a água infiltrada movimentada-se lateralmente na direção leste. Assim, se as atividades agrícolas desenvolvidas na BHCC não utilizarem práticas de manejo conservacionista, isso aumenta a vulnerabilidade à contaminação do aquífero Guarani.

A atividade turística é outro segmento econômico desenvolvida na BHCC e tem seu foco na APA do Ceroula, próximo à sede do município de Campo Grande. Os atrativos são trilhas utilizadas para *trekking*, *mountain bike* e *motocross*, cachoeiras (Figura 9), pontos de banho nos córregos Ceroula, Inferninho, Limpo, e mirantes como o morro do Ernesto. Nas cachoeiras há atividades de rapel e escalada e, em algumas delas, também são realizadas oferendas em rituais de religiões de matriz afro-brasileira. A pesca em reservatórios construídos em áreas úmidas ribeirinhas (Figura 5), alguns mapeados pela rede MapBiomias, é outra atividade de lazer.

O avanço da sojicultura aliado ao manejo inadequado do solo nas áreas agrícolas tem impactado as atividades turísticas. Além do aumento da turbidez (Figura 9D) que impacta negativamente a valorização do local, as águas podem estar contaminadas com agroquímicos e fármacos de uso veterinário. Os impactos de fármacos e pesticidas nas águas fluviais foram relatados por Bastos *et al.* (2018), Fernandes *et al.* (2020), Lima *et al.* (2020), Bastos *et al.* (2023) e Oliveira *et al.* (2023). A pulverização de lavouras de soja também afeta os pequenos produtores de hortaliças e de frutíferas, pois os agrotóxicos podem atingir organismos não-alvo (Grisolia, 2005). As pequenas propriedades, nos assentamentos Conquista e Sucuri (Figura 9), também podem ser impactadas pelo avanço de monocultivos de soja.



**Figura 9.** Cachoeiras, cavas de mineração, Áreas de Proteção Ambiental e Projetos de Assentamentos.



Elaboração: Primeira autora (2023). Fotos: 17/09 e 01/10/2022.



Em termos de mudanças na cobertura vegetal, observou-se que a paisagem natural foi drasticamente modificada para atender aos interesses dos agentes produtores. A dinâmica da mudança, inicialmente, foi a conversão de áreas de vegetação nativa para pastagens. Recentemente, a dinâmica de mudança é a conversão de pastagens em lavouras de soja e, em menor proporção, plantios de eucalipto.

A análise temporal da cobertura e do uso da terra entre 1985 e 2020, os índices radiométricos de vegetação para o ano de 2021 e os trabalhos de campo mostram a predominância de atividades agrícolas, destacando-se a pecuária extensiva de corte, e em menor escala a pecuária de corte intensiva e bovinocultura leiteira. Na produção de grãos, a soja e milho safrinha avançam na BHCC. As culturas de soja e milho são as culturas que mais consomem agrotóxicos no país (Pignati *et al.*, 2017), o que pode impactar a biodiversidade, a atividade de turismo, contaminar as águas superficiais e subterrâneas e os alimentos.

As áreas com maior pressão econômica no contexto da produção agropecuária são prioritárias para a implementação de ações de recuperação do solo, por meio da adoção de práticas de manejo conservacionistas edáficas, vegetativas e mecânicas, além da restauração ecológica em áreas com passivos ambientais, previstas em legislação federal e estadual. É igualmente importante estabelecer mecanismos de incentivo à preservação de remanescentes de vegetação nativa, especialmente nas Unidades de Conservação. Os gestores das UCs, a Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano (Planurb) e o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), devem considerar como uma ação prioritária a promoção da conectividade entre a APA do Ceroula e o Parque Estadual Matas do Segredo, localizado dentro do perímetro urbano de Campo Grande. Essa conexão é fundamental, pois há registros de antas, onças pardas, tamanduás, lobinhos e outras espécies de fauna ameaçadas de extinção.

### **Considerações finais**

A vegetação nativa composta pelas formações florestais, savânicas, campestres e campo alagado ocupavam uma área de 30,7% da BHCC em 1985; em 2020 a área com vegetação nativa reduziu para 24,8%. Durante o período analisado, a classe de uso predominante foi pastagem, ocupando 47,3% da área da BHCC em 1985, 56,2% em 1992, 60,1% em 1999, 60,2% em 2007, 52,0% em 2014 e 45,2% em 2020. A soja que não era cultivada em 1985 ocupava 12,7% da área da BHCC em 2020. Nas décadas de 1980 e 1990, a redução da vegetação nativa ocorreu em detrimento das áreas de pastagem, a partir do ano 2000, houve um avanço da cultura da soja sobre áreas anteriormente utilizadas para a pecuária.

É importante ressaltar que a predominância de atividades agrícolas na bacia hidrográfica, sem ou com baixa adoção de práticas de manejo conservacionistas, pode acarretar impactos na qualidade do solo, nas águas superficiais, na biodiversidade, na atividade de turismo, na recarga e contaminação dos aquíferos, na saúde dos seres vivos e na renda das comunidades locais, principalmente dos agricultores familiares.

Embora existam duas Unidades de Conservação na área, ambas com Plano de Manejo e Conselho Gestor, as Áreas de Proteção Ambiental enfrentam processos de degradação semelhantes aos observados no restante da bacia hidrográfica. Essa situação levanta questões importantes sobre a eficácia das políticas de conservação e proteção ambiental no Brasil, bem como sobre a necessidade de uma abordagem mais abrangente e integrada para enfrentar os desafios ambientais na região.

A realização dos trabalhos de campo foi fundamental para complementar e enriquecer as informações obtidas via sensoriamento remoto orbital, fornecendo detalhes adicionais sobre as classes de cobertura e de uso da terra, especialmente no que diz respeito às áreas de agricultura familiar, mineração e turismo.

Capoane, Viviane; Carvalhal, Henrique de Oliveira Diniz. *Mudanças na cobertura e no uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Ceroula no período entre 1985 e 2021*. Revista Pantaneira, V. 23, UFMS, Aquidauana-MS, 2024.

## Referências bibliográficas

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BASTOS, M. C. et al. Presence of anthropogenic markers in water: a case study of the Guaporé River watershed, Brazil. **CLEAN-Soil Air Water**, v. 1, 1700091, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/clen.201700019>
- BASTOS, M. C. et al. Presence of pharmaceuticals and bacterial resistance genes in river epilithic biofilms exposed to intense agricultural and urban pressure. **Environmental Monitoring and Assessment** (Dordrecht. Online), v. 195, n. 2, 328, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10899-8>
- BOMBARDI, L. M. **Atlas: Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH – USP. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017.
- BRASIL. **Lei n. 9.985**, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- BRASIL. **Lei n. 12.651**, 25/05/2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras Providências.
- BUSTAMANTE, M. M. C. et al. Toward an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. **Global Change Biology**, v. 22, p. 92-109, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13087>
- CAMPO GRANDE. **Decreto Municipal n. 8.264**, 27/07/2001. Cria a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Córrego Ceroula – APA do Ceroula – localizada no município de Campo Grande-MS, e dá outras providências.
- CAPOANE, V. Expansão da soja no estado de Mato Grosso do Sul no período entre 1988 e 2020. In: BARBOSA, E. F. F. M.; MARINHO, V. L. F.; GÜNTZEL, A. M. (Org.) **Mato Grosso do Sul no início do século XXI: Integração e desenvolvimento urbano-regional**. Campo Grande, MS: Life Editora, 2023. p. 25-38.
- CAPOANE, V. Impactos do período seco e geadas no vigor da vegetação: estudo de caso para a bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Revista Cerrados** (Unimontes), v. 20, p. 221-241, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.46551/rc24482692202225>
- CAPOANE, V. (2022b). Processos erosivos lineares na bacia hidrográfica do Ribeirão do Cervo, Mato Grosso do Sul. In: XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (pp. 156-160), **Anais XIX SBGFA ...** <https://www.xixsbgfa.com.br/>
- CAPOANE, V. et al. Caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Córrego Pombal e avaliação do potencial geoturístico da comunidade quilombola Furnas do Dionísio, Jaraguari – MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 68-91, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p068-091>
- CAPOANE, V. Mapeamento dos pequenos reservatórios e análise dos impactos ambientais associados na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande – MS. **GEO UERJ**, v. 39, p. 1-23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2021.51688>
- CAPOANE, V. ;SANTOS, D. R. DOS. Usos antrópicos em áreas de preservação permanente: estudo de caso em um assentamento de reforma agrária. **Extensão Rural** (Santa Maria), v. 20, p. 7-23, 2013.
- CARVALHAL, H. O. D.; CAPOANE, V. Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. **Anais XIX SBGFA ...** Rio de Janeiro, 2022. pg. 132-136.
- CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Situação atual e previsão hidrometeorológica para a bacia do rio Paraná**. Disponível em: [http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/NotaTecnica\\_BaciaParana\\_2021\\_Maio31.pdf](http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/NotaTecnica_BaciaParana_2021_Maio31.pdf)
- EPA. Environmental Protection Agency. **Benefits of healthy watersheds**. Disponível em: <https://www.epa.gov/hwp/benefits-healthy-watersheds>
- ESA. European Spatial Agency. **Copernicus Open Access Hub**. Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

\_\_\_\_\_. European Space Agency. SNAP download. 2022. Disponível em: <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>

FERNANDES, G. et al. The use of epilithic biofilms as bioaccumulators of pesticides and pharmaceuticals in aquatic environments. **Ecotoxicology**, v. 29, p. 1293-1305, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02259-4>

GRISOLIA, C. K. **Agrotóxicos: mutações, câncer e reprodução**. Brasília: UNB, 2005.

HUANG, S. et al. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. **Journal of Forestry Research**, v. 32, p. 1-6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapeamento de recursos naturais do Brasil: Escala 1:250.000 – Documentação técnica**. Rio de Janeiro: IBGE – Diretoria de Geociências, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Organização do território/malhas territoriais: Escala 1:250.000**. Rio de Janeiro: IBGE – Diretoria de Geociências, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2021**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Arêntese, 2009.

LAMBIN, E. F. et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global environmental change**, v. 11, n. 4, p. 261-269, (2001). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)

LIMA, P. A.; GUERRA, A. J. T. Degradação do solo em municípios do sul do estado de Mato Grosso do Sul decorrente da implantação da colônia agrícola nacional de Dourados – CAND. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, p. 402-412, 2019. DOI: [https://doi.org/10.11137/2019\\_1\\_402\\_412](https://doi.org/10.11137/2019_1_402_412)

LIMA, J. A. M. C. et al. Modern agriculture- transfers many pesticides to watercourses: a case study of a representative rural catchment of southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 10, p. 10581-10598, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06550-8>

MAPBIOMAS. (2022). Rede MapBiomias **coleção 6**. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/> . Acesso em: 01 set. 2022.

MAPBIOMAS. (2023). Rede MapBiomias **coleção 8**. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/> . Acesso em: 01 set. 2023.

MATO GROSSO DO SUL. **Decreto n. 13.977/2014**, 05/06/2014. Dispõe sobre o Cadastro Ambiental Rural de Mato Grosso do Sul; sobre o Programa MS Mais Sustentável, e dá outras providências.

OLIVEIRA, M. et al. Agrotóxicos em diferentes compartimentos ambientais no Brasil: um review. **Ciência e Natura**, v. 45, e2, 2023. <https://doi.org/10.5902/2179460X70715>

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 151-212, 2008.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SONG, X. P. et al. Global land change from 1982 to 2016. **Nature**, v. 560, n. 7720, p. 639-643, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>

SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. **Pesquisa Geral**. 2023. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 1- 27, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>



Capoane, Viviane; Carvalhal, Henrique de Oliveira Diniz. *Mudanças na cobertura e no uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Ceroula no período entre 1985 e 2021*. Revista Pantaneira, V. 23, UFMS, Aquidauana-MS, 2024.

TERENOS. **Aprovar o Plano de Manejo da Area de Proteção Ambiental do córrego Ceroula e Piraputanga**. Diário Oficial dos Municípios do Estado do Mato Grosso do Sul, 27 de maio de 2016, ano VII, n. 1.605, pg. 43.

TERENOS. **Decreto n. 1.831** de 23 de maio de 2005. Cria a APA – Área de proteção Ambiental do Córrego Ceroula e Piraputanga no Município de Terenos e dá outras providências. Terenos, 23 de maio de 2005.

VITOUSEK, P. M. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 494-499, 1997. DOI. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>

ZALLES, V. et al. Rapid expansion of human impact on natural land in South America since 1985. **Science Advances**, v. 7, n. 14, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg1620>