

MAPEAMENTO DOS PEQUENOS RESERVATÓRIOS E ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GUARIROBA, CAMPO GRANDE - MS

MAPPING OF SMALL RESERVOIRS AND THE ANALYSIS OF ASSOCIATED ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE GUARIROBA WATERSHED, CAMPO GRANDE - MS

MAPEO DE PEQUEÑOS RESERVORIOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS EN LA CUENCA HIDROGRAFICA CÓRREGO GUARIROBA, CAMPO GRANDE - MS

RESUMO

Ao longo da história os reservatórios têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento econômico. No entanto, as barragens transformam a paisagem e criam riscos de impactos irreversíveis. As pesquisas sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos de barragens estão concentradas nos grandes reservatórios, ainda que os pequenos reservatórios prevaleçam na paisagem. Na bacia hidrográfica do córrego Guariroba há um grande reservatório construído para abastecer a cidade de Campo Grande, os pequenos reservatórios ainda não foram mapeados nem seus impactos ambientais analisados. Diante disso, este trabalho teve como objetivo mapear os pequenos reservatórios na bacia hidrográfica e analisar os impactos ambientais associados, a fim de gerar informações que subsidiem o planejamento e gerenciamento das atividades antrópicas. O mapeamento foi realizado em ambiente do SIG a partir de imagens de satélite de alta resolução espacial disponíveis no "World Imagery" do ArcMap e imagens históricas do Google Earth. Para a validação foram derivados de imagens do satélite Sentinel-2A índices espectrais do período seco (2019) e chuvoso (2020). Foram mapeados 66 pequenos reservatórios criados pela construção de barragens de terra em cursos d'água naturais, localizados, predominantemente, nas cabeceiras de drenagem, e 119 reservatórios em áreas úmidas, principalmente, às ribeirinhas. Alguns dos reservatórios mapeados, não apresentavam água armazenada, tanto no período seco quanto no chuvoso. Nas cabeceiras de drenagem, a maior parte das nascentes estão degradadas, com solo exposto, desbarrancamento da taipa e ausência de vegetação florestal no entorno. Nos reservatórios em áreas úmidas ribeirinhas utilizados para dessedentação animal e piscicultura, muitos também se encontram em processo de degradação ambiental.

Palavras-chave: Fluxos. Barragens. Armadilha de Sedimentos. Cabeceira de Drenagem. Abastecimento de Água.

ABSTRACT

Throughout history, reservoirs have played a fundamental role in economic development. Dams transform landscapes, however, and create risks of irreversible impacts. Research on the environmental, social, and economic impacts is concentrated on large reservoirs, even though small reservoirs prevail in the landscape. In the Guariroba watershed a large reservoir has been created to supply the city of Campo Grande. Small reservoirs in the watershed have not yet been mapped or their environmental impacts analyzed. This work aimed to map the small reservoirs in the Guariroba watershed, and to analyze the associated environmental impacts, to generate information that can help with the planning and management of anthropic activities. The mapping was performed in a GIS using high spatial resolution satellite images available in World Imagery of ArcMap and historical images from Google Earth. For validation mapping, spectral indices of the dry (2019) and rainy (2020) season, were generated with images from the Sentinel-2A satellite. Sixty-six small reservoirs created by the construction of earth dams in natural watercourses have been mapped, located predominantly in the drainage headwaters, and 119 reservoirs in wetlands, mainly the riverine. Some of the mapped reservoirs did not have stored water, both in the dry and rainy periods. In the drainage headwaters, most of the springs were degraded, with exposed soil, mud sliding and the absence of surrounding Forest vegetation. Many reservoirs,

 Viviane Capoane ^a

^a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Campo Grande, MS, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2021.51688

Correspondência: capoane@gmail.com

Recebido em: 11 jun. 2020

Aceito em: 20 ago. 2021



used for animal drinking and fish farming, in riverside wetlands are also in the process of environmental degradation.

Keywords: Fluxes. Dams. Sediment Trapping. Headwater Streams. Water Supply.

RESUMEN

A lo largo de la historia, los embalses han jugado un papel clave en el desarrollo económico. Sin embargo, las represas transforman el paisaje y crean riesgos de impactos irreversibles. La investigación sobre los impactos ambientales, sociales y económicos de las represas se concentra en los grandes embalses, aunque los embalses pequeños prevalecen en el paisaje. En la cuenca del arroyo Guariroba existe un gran embalse construido para abastecer a la ciudad de Campo Grande, los pequeños embalses aún no han sido mapeados ni analizados sus impactos ambientales. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo mapear los pequeños embalses de la cuenca hidrográfica y analizar los impactos ambientales asociados, con el fin de generar información que subsidie la planificación y gestión de las actividades humanas. El mapeo se llevó a cabo en un entorno GIS utilizando imágenes satelitales de alta resolución espacial disponibles en "World Imagery" de ArcMap e imágenes históricas de Google Earth. Para la validación, los índices espectrales de los períodos seco (2019) y lluvioso (2020) se derivaron de imágenes de satélite Sentinel-2A. Mapeamos 66 embalses pequeños creados por la construcción de presas de tierra en cursos de agua naturales, ubicados predominantemente en las cabeceras de drenaje, y 119 embalses en humedales, principalmente a lo largo de las riberas de los ríos. Algunos de los embalses mapeados no tenían agua almacenada, tanto en la época seca como en la lluviosa. En las cabeceras de drenaje, la mayoría de los manantiales se encuentran degradados, con suelo expuesto, tapias y ausencia de vegetación forestal en los alrededores. En los embalses de los humedales ribereños utilizados para el abrevadero de animales y la piscicultura, muchos también se encuentran en proceso de degradación ambiental.

Palabras-clave: Flujos. Presas. Trampa de sedimentos. Cabeza de drenaje. Abastecimiento de agua



INTRODUÇÃO

Por milhares de anos os seres humanos construíram barragens e represas para vários propósitos, incluindo controle de enchentes, abastecimento de água, irrigação, recreação, navegação e geração de energia hidrelétrica (WCD, 2000). Uma das mais antigas barragens, com aproximadamente 12 metros de altura, foi encontrada no Egito e data de aproximadamente 6.800 anos, feita de terra amontoada e pisoteada por animais ou humanos (MASSAD, 2010).

Nas últimas seis décadas o número de barragens e o volume de armazenamento dos reservatórios aumentaram enormemente, atingindo cerca de 50.000 grandes barragens em operação em todo o mundo (BERGA, et al., 2006). Em uma estimativa de Chao et al. (2008), os grandes represamentos têm uma capacidade cumulativa de armazenamento na faixa de 7.000 a 8.300 km³ de água e, conforme Kummu e Varis (2007), cerca de 70% dos rios do mundo são interceptados por grandes barragens.

Ao longo da história os reservatórios têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento econômico. Contudo, a preocupação com seus impactos ambientais, sociais e econômicos é crescente. Opositores de grandes projetos de barragens afirmam que os benefícios são superados por seus custos ambientais, sociais e econômicos (MANATUNGE, et al., 2009; WAN, et al., 2017).

Diversas pesquisas (PETTS, 1984; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, TUNDISI, 2015; POFF; SCHMIDT, 2016, dentre outros) mostraram que reservatórios artificiais alteram profundamente o funcionamento natural de todo o ecossistema fluvial associado a eles, variando de regimes de fluxo, química da água, modificação de comunidades de algas e macroinvertebrados e perturbação de comunidades de peixes residentes e migratórios. A transferência de material das vertentes para os canais também altera a geomorfologia fluvial e o transporte de sedimentos, impactando a abundância e diversidade de *habitats* (PETTS, 1984).

A construção de barragens rompe a sequência natural e leva a mudanças no sistema lótico transformando-o em um sistema lêntico com a criação de três zonas distintas: a montante, no reservatório e a jusante (SMITH; ESPÍNDOLA; ROCHA, 2014). A montante, o nível de base é levantado, alterando a forma do canal e a capacidade de transporte, que, nas zonas de cabeceira, os fluxos são mais rápidos e os processos mais intensos no eixo horizontal. Com isso aumenta o fornecimento de sedimentos para o reservatório. Próximo à barragem, o fluxo é mais lento e há prevalência de processos no eixo vertical.

Nos reservatórios o aumento da deposição de sedimentos limita sua capacidade de armazenamento e, ao mesmo tempo, limita o fluxo de sedimentos a jusante, o que dificulta as atividades agrícolas em várzeas devido a limitada carga de sedimento e nutrientes. A carga de nutrientes aprisionada em decorrência do barramento de rios pode estimular a produção primária e causar a proliferação de algas na zona fótica, baixo O₂ dissolvido e alto CO₂ abaixo da zona fótica (DOWNING, et al., 2008), além de alterar a qualidade da água (VAROL, et al., 2012; IGNATIUS; RASMUSSEN, 2016). Em reservatórios estratificados, as condições anaeróbicas levam a reações redox que liberam Mn, Fe e outros metais que aumentam os sólidos totais dissolvidos (MUNGER; SHAHADY; SCHREIBER, 2017). As variações de temperatura da água no



reservatório também podem criar barreiras térmicas (GILLILAN; BROWN, 1997), alterando o *habitat* para peixes e seres bentônicos (RABENI; JACOBSON, 1993).

A jusante do reservatório as mudanças ocorridas no regime das águas acarretam significativos efeitos nos processos do canal como o entalhe do leito, erosão nas margens e deposição a jusante. A interrupção dessas ligações por barragens representa uma perturbação significativa em todos os processos do ecossistema (MANATUNGE, et al., 2009) e, conforme Walling e Fang (2003), sua construção representa a influência mais importante nos fluxos de sedimentos terra-oceano, pois aprisionam grande parte do material mobilizado nas encostas e nos canais fluviais.

As pesquisas sobre os impactos da construção de barragens e criação de reservatórios estão concentradas nos grandes reservatórios. Os represamentos menores não são levados em consideração, por exemplo, na estimativa de distribuição e capacidade de armazenamento de água, porque, conforme Chao et al. (2008), não há dados globais confiáveis disponíveis. Extrapolações, no entanto, sugerem a existência de muitos pequenos reservatórios (DOWNING, et al., 2006; WISSER, et al., 2010). Para Habets et al. (2018), mesmo que contribuam menos para a alteração geral dos regimes de vazão como resultado de sua limitada capacidade de armazenamento, pequenas barragens têm um efeito profundo na fragmentação dos sistemas fluviais e seus impactos são cumulativos.

Na bacia hidrográfica (BH) do córrego Guariroba, área de estudo do presente trabalho, há um grande reservatório com lâmina d'água de aproximadamente 99 hectares, cuja barragem foi construída entre os anos de 1982 e 1987, a fim de abastecer a cidade de Campo Grande, capital do estado de Mato Grosso do Sul (CAMPO GRANDE, 1995). Devido à perda significativa de vegetação nativa no período de construção da barragem, a fim de recuperar e conservar o principal sistema produtor de água bruta para abastecimento público, que à época correspondia a aproximadamente 50% (atualmente 34%), em 1995, foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) do Guariroba (CAMPO GRANDE, 1995). Embora esta bacia hidrográfica seja de suma importância para o abastecimento de Campo Grande, os pequenos reservatórios ainda não foram mapeados. Também não há trabalhos publicados sobre os impactos potenciais decorrentes destes pequenos barramentos.

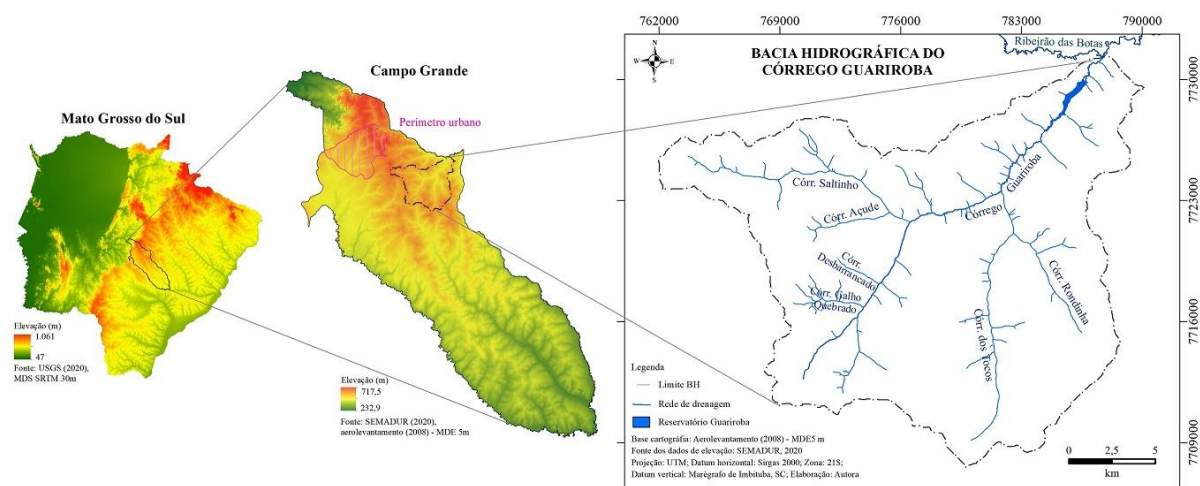
Diante do acima exposto e considerando que as barragens, grandes e pequenas, transformam paisagens e criam riscos de impactos irreversíveis, este trabalho teve como objetivo mapear os pequenos reservatórios presentes na BH do córrego Guariroba e analisar os impactos ambientais associados, a fim de gerar informações que subsidiem o planejamento e gerenciamento das atividades antrópicas.

METODOLOGIA

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Córrego Guariroba localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil, no Estado de Mato Grosso do Sul, município de Campo Grande (Figura 1). A BH possui uma área de 369,7 km² e localiza-se integralmente na zona rural do município, a leste do perímetro urbano.

Figura 1. Contexto geográfico da bacia hidrográfica do córrego Guariroba



Quanto a caracterização do meio físico: o substrato litológico é composto por formações sedimentares, Grupo Caiuá (74,8%), cuja espessura varia de 64,5 a 180 m (LASTORIA, et al., 2019); Cobertura Detrito-Laterítica Neogênica (23,8%), que consiste em material inconsolidado a semiconsolidado, lateritizado e, por vezes, contendo crostas lateríticas endurecidas e níveis argilosos com evidência de argilominerais expansivos (THEODOROVICZ; THEODOROVICZ, 2010), pouco espessa, em geral não ultrapassa dois metros; e rochas ígneas extrusivas da Formação Serra Geral (1,4%), restritas à calha do canal principal, próximo ao exutório (ARAÚJO, et al., 1982; LACERDA FILHO, et al., 2006). Em campo constatou-se afloramentos de basalto próximos ao divisor d'água na porção noroeste da bacia hidrográfica. Isso, resulta da escala de mapeamento (1:1.000.000) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. No contexto geomorfológico, a área de estudo encontra-se na macroforma de relevo dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná (ROSS, et al., 2019), na Unidade de relevo Planalto de Campo Grande, em relevo predominantemente suave ondulado (CAPOANE, 2020).

Conforme Levantamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos do Município de Campo Grande na escala 1:100.000 (MOTTA, et al., 2013), a classe predominante na BH é Neossolo Quartzarênico (RQ), que, são solos arenosos, altamente susceptíveis à erosão, de baixa fertilidade natural, sendo pobres em bases trocáveis, álicos e a capacidade de troca catiônica depende quase que exclusivamente da matéria orgânica do solo (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995; SPERA, et al., 1999; CORREIA; REATTO; SPERA, 2004; SANTOS, et al., 2018).

O clima da região é o monçônico (ALVARES, et al., 2013), com precipitação variando de 1.300 a 1.600 mm ano⁻¹ concentrada no período de outubro a março, e temperatura média anual de 22–24°C. Os principais afluentes do córrego Guariroba são os córregos Rondinha, Tocos, Galho Quebrado, Desbarrancado, Açude e Saltinho (Figura 1). No contexto hidrográfico regional, o córrego Guariroba é afluente do Ribeirão das Botas, que por sua vez, é afluente do Rio Pardo, importante afluente do Rio Paraná.



A vegetação natural compõe a ecorregião do Cerrado, com a presença das fitofisionomias cerrado stricto sensu, cerradão, vereda, buritizal, formações ripárias e pastagens plantadas (OLIVEIRA, et al., 2017). As propriedades rurais inseridas na BH têm como principal atividade econômica a pecuária extensiva e, recentemente, a silvicultura.

Base cartográfica

Os dados geoespaciais de referência utilizados para delimitação da bacia hidrográfica são produto de um aerolevanteamento do município, nas escalas 1:10.000 na zona rural do (voo março de 2008, faixa 03, fotos 940 a 942) e 1:2.000 no perímetro urbano (voo fevereiro de 2008, faixa 12, fotos 8.424). Estes dados estão disponíveis para *download* no *site* da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR, 2020). Os pontos cotados do aerolevanteamento de 2008 foram reambulados no ano de 2013, quando da realização de um novo aerolevanteamento para o perímetro urbano de Campo Grande na escala 1:1.000 (CAMPO GRANDE, 2013).

Uma vez obtidas as informações, no programa ArcMap 10.8.1 (licenciado para a autora), as curvas de nível e pontos cotados foram interpolados utilizando o método *topo to raster*. Para a definição da resolução espacial do Modelo Digital de Elevação (MDE), cinco metros, foram consideradas as características da área de estudo, como complexidade topográfica, a equidistância entre as curvas de nível (5 m), e artigos científicos que avaliaram o efeito da resolução espacial nos parâmetros geomorfológicos derivados (HANCOCK, 2005). Para a delimitação da BH foi utilizada a função *watershed* do ArcMap.

Mapeamento dos pequenos reservatórios e validação dos resultados

O mapeamento dos pequenos reservatórios artificiais decorrentes da construção de barragens de terra nos canais de drenagem e em áreas úmidas, foi realizado em ambiente do SIG no programa ArcMap a partir de imagens de satélite de alta resolução espacial disponíveis no *World Imagery*.

Uma vez mapeados os pequenos reservatórios no ArcMap, foi feita uma checagem no Google Earth, pois nas imagens do *World Imagery* não é possível identificar a data. Embora no Google Earth seja possível a análise temporal, consequentemente a identificação de novos reservatórios, foram derivados índices espectrais de imagens Sentinel-2A para o período seco (2019) e chuvoso (2020) na região. Os índices utilizados foram o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o NDWI (*Normalized Difference Water Index*), ambos permitem a identificação dos corpos d'água na paisagem.

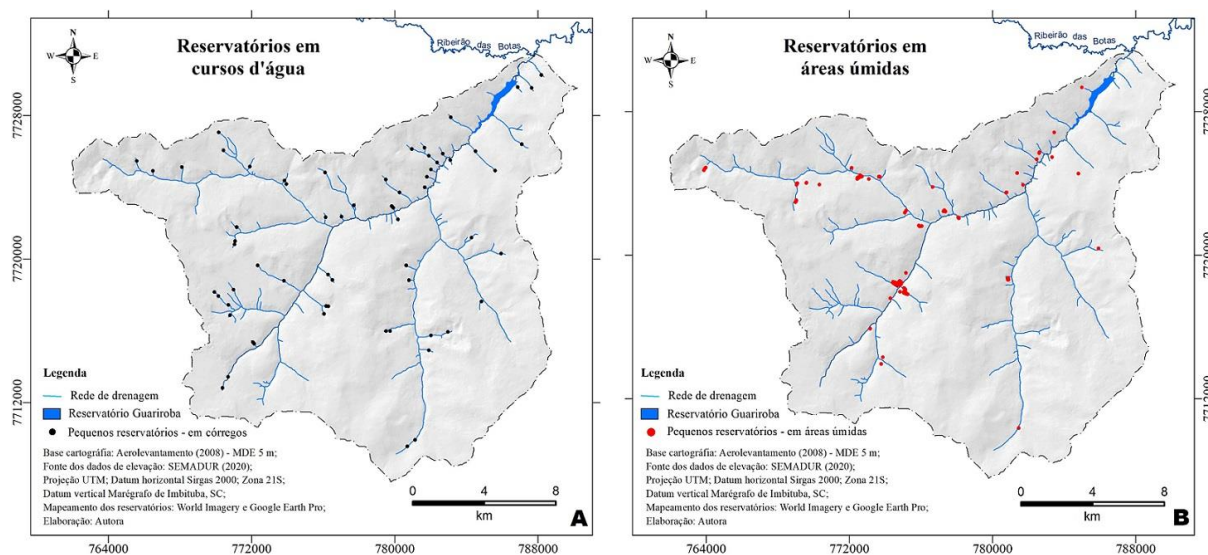
A cena do satélite Sentinel-2 que cobre a área de estudo é a R:024 e as datas selecionadas para a validação foram 13/07/2019 e 09/03/2020, respectivamente correspondentes ao período seco e chuvoso na região. As imagens Sentinel-2 foram obtidas no Hub de Pré-Operações da *European Space Agency* (ESA, 2020). Posteriormente, as cenas foram reprojetaadas para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), e no programa *Sentinel Application*

Platform (SNAP), versão 7.0.3 (ESA, 2020), foram derivados os índices espectrais e os histogramas com a distribuição de pixels. Além da validação dos reservatórios mapeados, os índices espectrais foram utilizados para a análise dos fatores que contribuem para a degradação dos sistemas aquáticos – rios e reservatórios. Para a análise dos impactos das atividades antrópicas no ciclo hidrossedimentológico, também foram utilizadas imagens históricas do Google Earth.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificados 66 pequenos reservatórios artificiais decorrentes do barramento de cursos d'água naturais localizados, predominantemente em canais de primeira ordem, nas cabeceiras de drenagem (Figura 2A), e 119 pequenos reservatórios em área úmidas, principalmente às ribeirinhas (Figura 2B). Os pequenos reservatórios formados pela construção de barragens de terra em cursos d'água são utilizados para a dessedentação animal e irrigação de pastagens no período seco, já os reservatórios localizados em áreas úmidas ribeirinhas são utilizados para dessedentação animal e piscicultura. O reservatório Guariroba, com espelho d'água de aproximadamente 99 há, é uma das fontes superficiais de água bruta para a cidade de Campo Grande (36%).

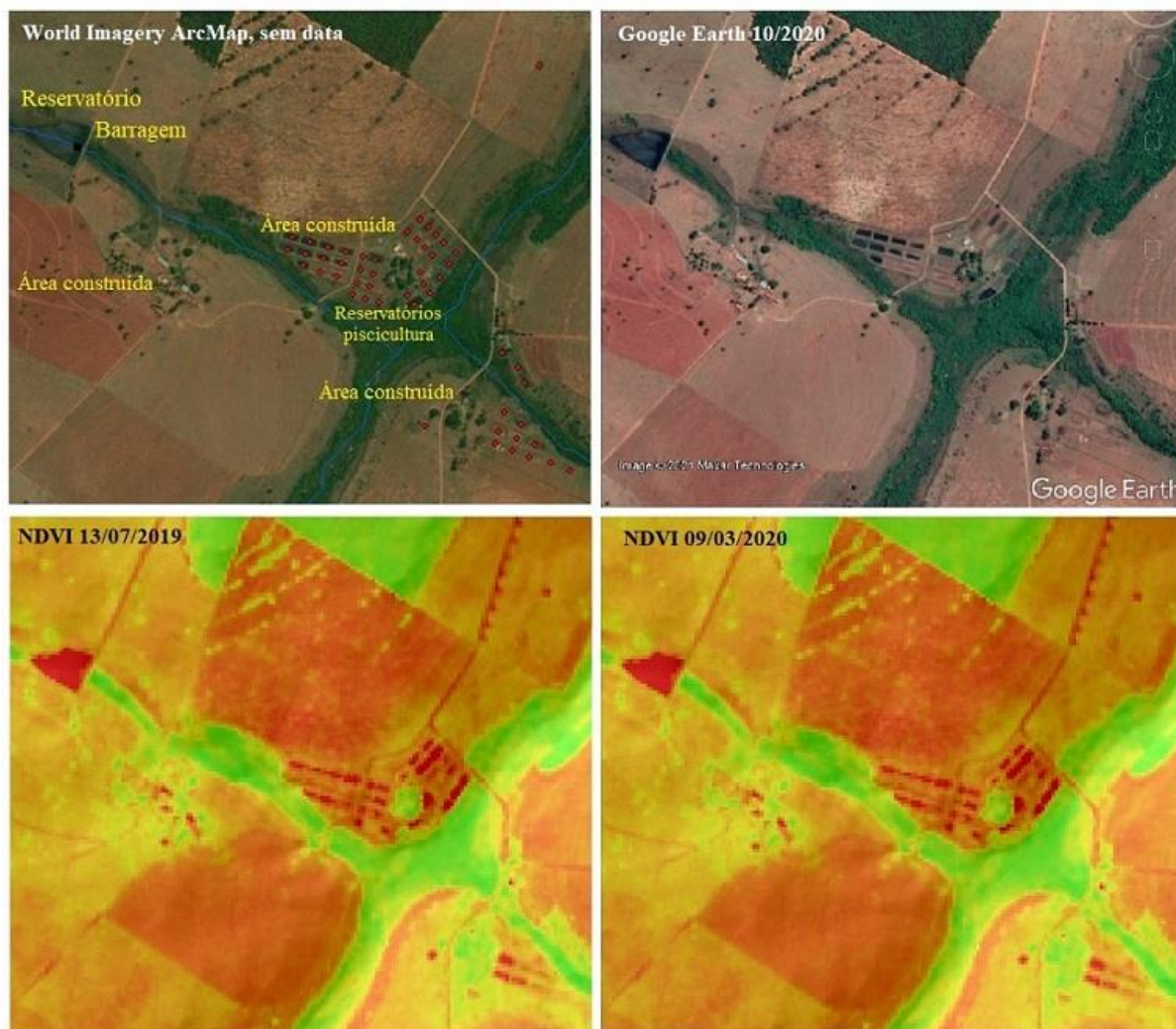
Figura 2. Distribuição espacial dos pequenos reservatórios em barramentos de cursos d'água (A) e em áreas úmidas (B) na bacia hidrográfica do córrego Guariroba



Os índices espectrais do período seco e chuvoso possibilitaram a validação dos pequenos reservatórios identificados a partir do *World Imagery* do ArcMap e Google Earth Pro. Assim como observado na série de imagens históricas do Google Earth Pro, alguns reservatórios não apresentaram lâmina d'água em 2019 e 2020, com solo exposto e outros com vegetação, o que indica que as atividades antrópicas estão impactando o ciclo hidrossedimentológico. Embora não apresentem lâmina d'água, as características geométricas dos

pequenos reservatórios, permite identificá-los a partir de imagens orbitais como mostra Figura 3. Ressalta-se que os reservatórios foram apenas identificados na paisagem, não foi feita a quantificação da lâmina d'água, pois além da área variar sazonalmente em função do regime hídrico, o comportamento espectral dos alvos solo exposto, água e área construída são similares ao da água, como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3. Recorte espacial ilustrando as bases de dados utilizadas para mapeamento e para a validação dos pequenos reservatórios



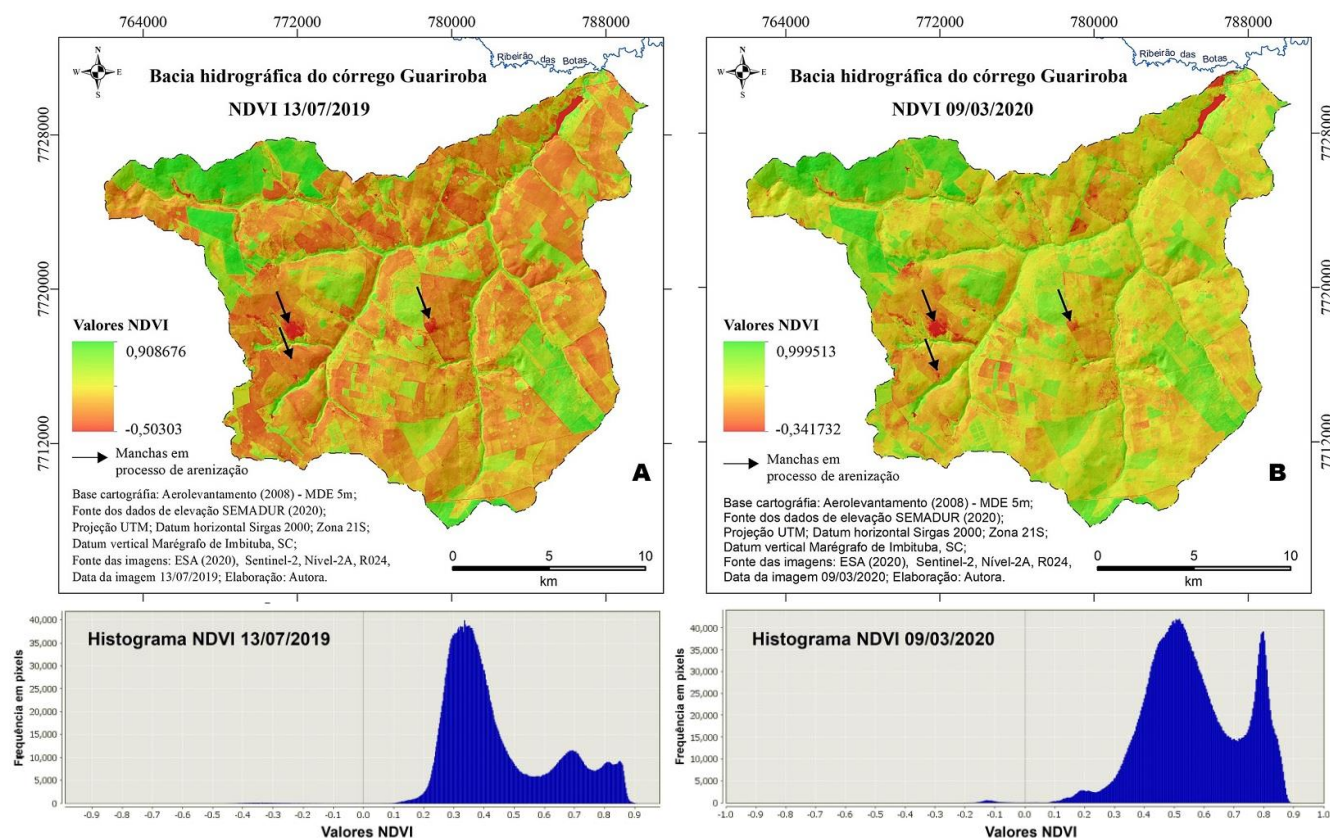
A análise dos índices espectrais como o NDVI permite a detecção de mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e atividades da vegetação, possibilitando o perfil temporal de crescimento e pico de verde (LIMA, et al., 2019), consequentemente, a detecção de processos de degradação ambiental. Como a água tem uma refletância baixa em ambas as bandas espectrais utilizadas para derivar o NDVI, valores negativos permitem a identificação dos corpos d'água. No período seco os valores variaram de $-0,50$ a $0,91$, com média de $0,45$ e desvio padrão de $0,18$.

Valores de $-0,50$ a $-0,1$ representam os corpos d'água, sendo que os menores valores encontram-se no reservatório Guariroba onde a profundidade da coluna d'água é maior; valores entre $-0,1$ e $0,1$ representam solo exposto e

afloramentos rochosos; valores entre 0,1 a 0,35 pastagens com baixíssimo vigor da vegetação; valores intermediários correspondem às pastagens ou culturas senescentes; e os maiores valores a vegetação arbórea, que na área correspondem aos fragmentos florestais do bioma Cerrado e silvicultura. A partir da carta e histograma com a distribuição dos valores dos pixels do período seco (Figura 4A), fica evidente que a vegetação da região é sensível ao regime pluviométrico, cujo estresse vegetativo resulta em reduções de clorofila e alterações na estrutura interna das folhas devido ao murchamento.

No período chuvoso (Figura 4B) o NDVI variou de $-0,34$ a $0,99$, com média de $0,57$ e desvio padrão de $0,16$. No histograma observa-se maior frequência de pixels negativos do que no período seco, o que significa aumento do espelho d'água na bacia hidrográfica. No intervalo entre $0,3$ e $0,7$ houve um aumento significativo na frequência de pixels, indicando melhora no vigor da vegetação. O mesmo ocorreu com valores superiores a $0,7$, que correspondem a vegetação arbórea. A maior frequência de pixels superiores a $0,5$ refletem maior vigor e capacidade fotossintética da vegetação. Nas áreas de pastagens os menores valores de NDVI constituem pastagens degradadas (cores alaranjadas) e, as pastagens com comportamento espectral semelhante a água (cor vermelha), são pastagens em reforma. O NDVI do período chuvoso também ressaltou as áreas em processo de arenização (Figura 4B), que é a principal fonte de sedimento capturado pelos reservatórios.

Figura 4. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para a bacia hidrográfica do córrego Guariroba



O efeito do estresse hídrico no vigor da vegetação e processos de degradação pode ser melhor observado a partir do recorte espacial (Figura 5). Os maiores valores de NDVI, representados pela cor verde, constituem os fragmentos florestais e vegetação ribeirinha; os menores valores, representados pela cor vermelha, englobam os corpos d'água, solo exposto e um grande foco em processo de arenização; a transição da cor vermelha para amarela, são áreas com baixíssimo vigor da vegetação, compostas por pastagens degradadas; a transição das cores amarela para verde, correspondem a pastagens vigorosas. O processo de arenização, observado para as duas datas analisadas, foi comprovado em trabalho de campo realizado no mês de dezembro de 2019 (Figura 4D). Esse processo está diminuindo o tempo de vida útil dos reservatórios, principalmente os localizados em barramentos de cursos d'água (Figura 2A), que atuam como armadilhas ou drenos de sedimento, e assoreando os córregos.

Figura 5. A) Recorte espacial de imagem de satélite disponível no programa Google Earth com data de 08/05/2016; B) NDVI do período seco (13/07/2019); C) NDVI do período chuvoso (09/03/2020); D) área em processo de arenização

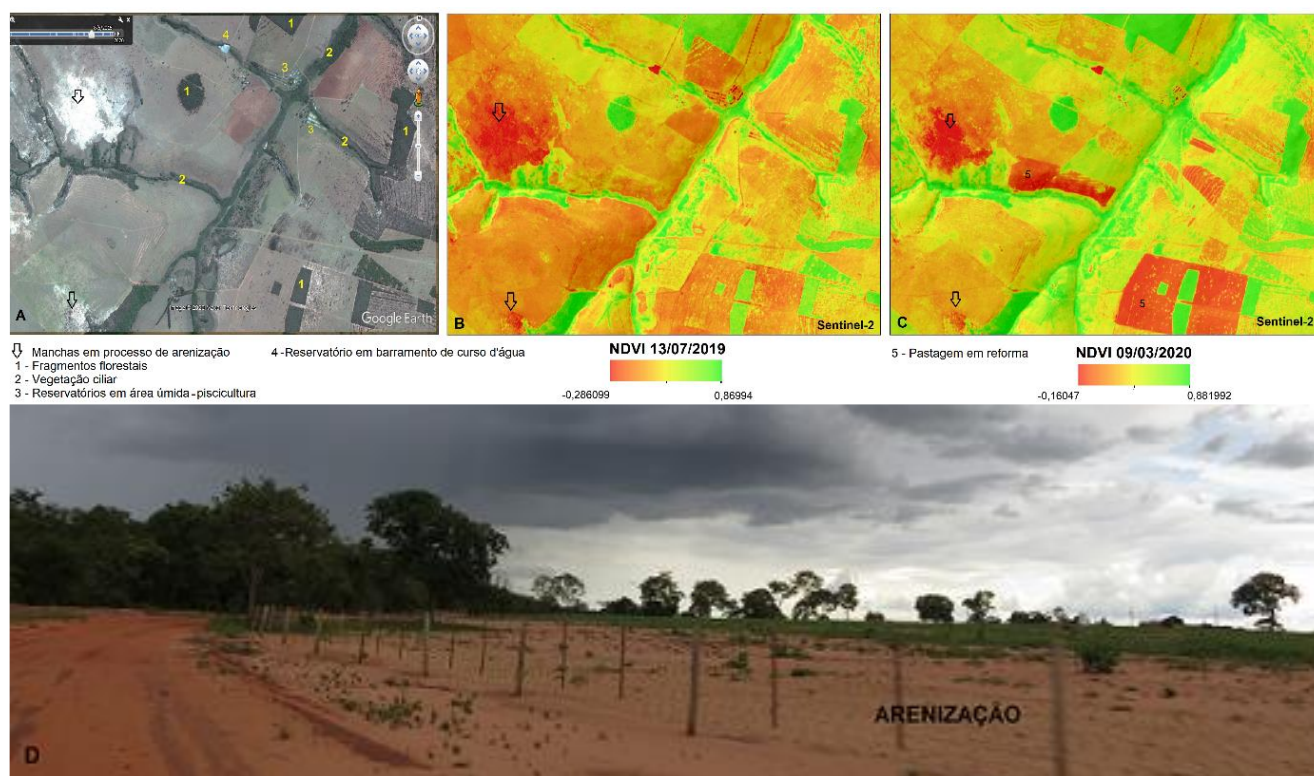
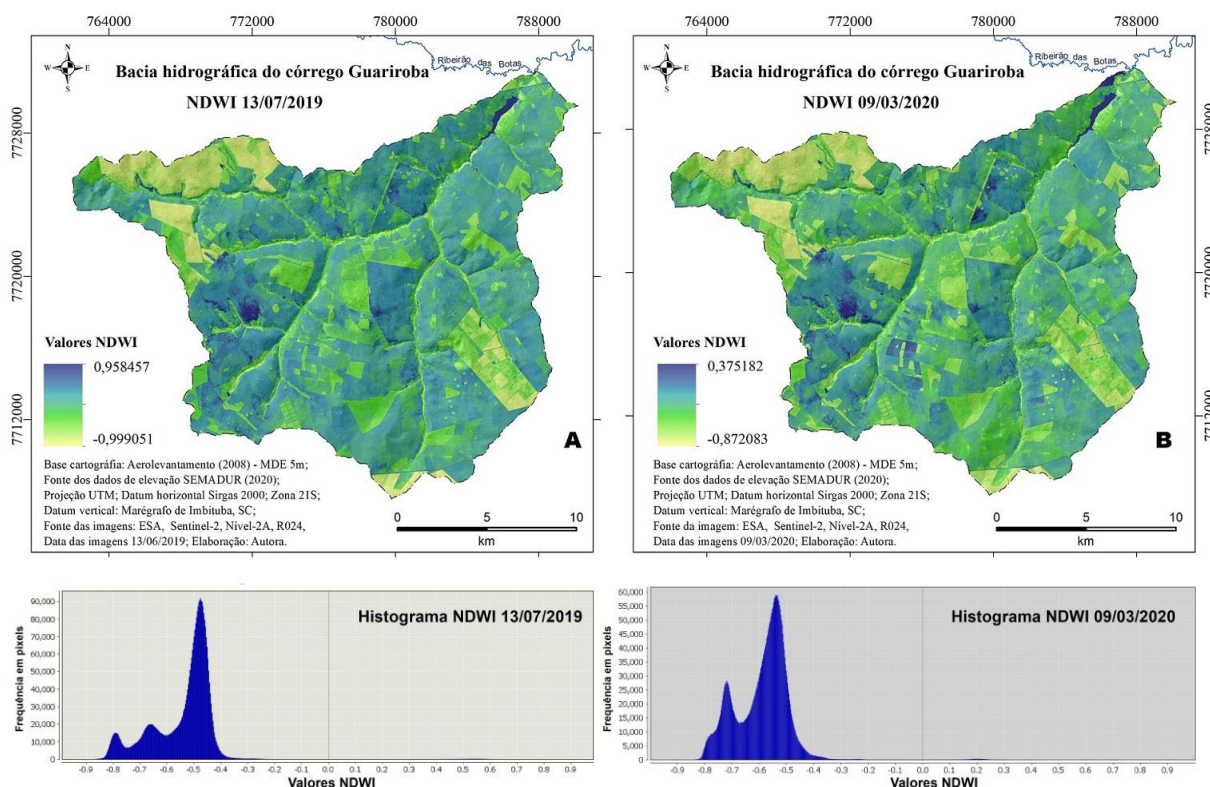


Foto: Arquivo pessoal, trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Guariroba em 14/12/2019.

Os valores do índice espectral de água NDWI (Figura 6) para o período seco variaram de $-0,88$ a $0,66$ com média de $-0,54$ e desvio padrão de $0,12$. No período chuvoso os valores variaram de $-0,87$ a $0,38$ com média de $-0,59$ e desvio padrão de $0,10$. Comparada aos corpos d'água, a vegetação possui valores de NDWI muito menores, facilitando a distinção entre a vegetação e água (DU, et al., 2016). Contudo, o NDWI, assim como o NDVI, é sensível às áreas construídas e solo exposto e frequentemente resulta em corpos d'água

superestimados (DU, et al., 2016), por isso, os corpos d'água não foram quantificados neste trabalho, somente identificados na paisagem a fim de validar o mapeamento.

Figura 6. Índice de Água por Diferença Normalizada para a bacia hidrográfica do córrego Guariroba



As pequenas barragens de terra construídas em cursos d'água, na maioria das vezes, tem os seguintes propósitos: controle de enchentes, irrigação, dessedentação animal e suprimento municipal e industrial (VOROSMARTY, et al., 1997; BRANDT, 200; OWEIS; HACHUM, 2006; RAVAZZANI, et al., 2014). Contudo, assim como os grandes reservatórios, os pequenos reservatórios formados a partir da construção de barragens em cursos d'água naturais, rompem a sequência natural a montante, no reservatório e a jusante, afetando a hidrossedimentologia e ecologia fluvial.

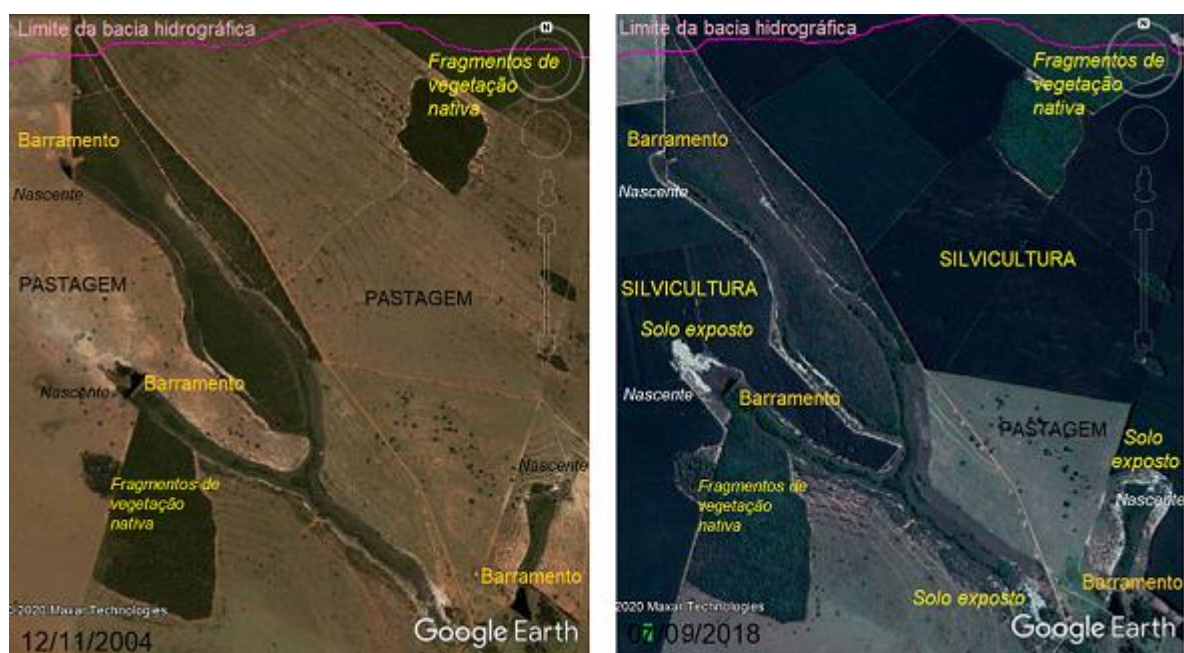
Na BH do córrego Guariroba os pequenos reservatórios em cursos d'água são utilizados para dessedentação animal e irrigação suplementar das pastagens no período seco. Em termos de redução de picos em eventos de precipitação, embora a presença de reservatórios influencie o hidrograma, os solos são altamente permeáveis (RQ), o que favorece a infiltração e recarga do aquífero Bauru. Dessa forma, os riscos de impactos ambientais dos pequenos reservatórios superam os benefícios econômicos, pois os solos da BH são altamente suscetíveis a erosão (CAPOANE, 2019) e os reservatórios têm funcionado como drenos de sedimento, o que, se por um lado diminui a carga de sedimento que chega ao grande reservatório Guariroba,

por outro, pode resultar na morte de nascentes, pois muitas barragens foram construídas em cabeceiras de drenagem como pode ser visualizado na Figura 2A.

Embora não tenha sido possível acessar os pequenos reservatórios em campo por localizarem-se em propriedades particulares, os impactos ambientais como erosão das taipas e entorno, soterramento de nascentes e ausência de vegetação ciliar, podem ser observados via imagens de sensoriamento remoto orbital. As Figuras 7 e 8 mostram áreas de nascente degradadas pela construção de barragens no curso d'água, o que rompe a conectividade hidrológica (passagem de água de uma parte da paisagem para outra gerando alguma resposta do escoamento da BH); a conectividade sedimentológica (transferência física de sedimentos e poluentes conectados através da BH); a conectividade paisagística (acoplamento físico de formas de relevo dentro de uma BH); bem como, a conectividade de organismos (dinâmica do movimento de espécies no canal).

Considerando o recorte temporal da Figura 7, observa-se que a transição da atividade de pecuária extensiva para a silvicultura, respeitou-se somente o limite das Áreas de Preservação permanente (APP), obrigatória para emissão da Licença Ambiental, as áreas degradadas não foram recuperadas. O material desagregado e transportado das encostas fica retido nos reservatórios, diminuindo o tempo de vida útil, ou mesmo causando a morte de nascentes. Dos reservatórios mostrados na figura, um deles há um foco de arenização (fonte de sedimento) e o outro está seco, o que pode ser reflexo do monocultivo de eucalipto, cujo consumo de água e evapotranspiração é muito superior ao da vegetação nativa.

Figura 7. Barragens construídas em cabeceiras de drenagem



A inserção da atividade de silvicultura em uma Área de Proteção Ambiental (Unidade de Conservação de Uso Sustentável) criada com objetivo de proteger a principal fonte de água bruta para a cidade de Campo Grande é preocupante, e deve ser tratada com cautela pelo Conselho Gestor na revisão do Plano de Manejo, pois ela pode causar inúmeros impactos ambientais. No solo, as práticas de preparo do local e colheita de árvores, como parte de regimes de manejo intensivo, podem levar à perda de nutrientes e matéria orgânica, alteração das propriedades físicas do solo, mudanças significativas nos sistemas tróficos e redução na produtividade do local (PRITCHETT; FISHER, 1987), além de aumento nos custos para reposição da fertilidade do solo no pós-colheita. Na qualidade da água, as operações silviculturais que podem causar impactos incluem: a construção de estradas; o preparo do solo para o plantio das mudas e o pós-colheita no preparo para um novo plantio; detritos orgânicos do corte podem acumular-se em corpos de água esgotando o oxigênio dissolvido; e as concentrações químicas orgânicas e inorgânicas podem aumentar devido à colheita e às aplicações de fertilizantes e pesticidas (LIKENS, et al., 1970; BROWN, 1985). No ciclo hidrossedimentológico, as florestas plantadas com espécies exóticas, podem afetar o equilíbrio dos regimes de evapotranspiração, com impactos negativos na disponibilidade de água (TRABUCCO, et al., 2008; REICHERT, et al., 2017), e no assoreamento de rios e reservatórios (PRITCHETT; FISHER, 1987). A perda de água da bacia hidrográfica via evapotranspiração e consumo pelas espécies exóticas durante o crescimento, e assoreamento dos reservatórios, podem afetar o abastecimento de água para a cidade. O florestamento e reflorestamento, particularmente no contexto das mudanças climáticas, aumento da temperatura e diminuição das chuvas, também pode reduzir ainda mais a disponibilidade hídrica (LIU, et al., 2016).

Ressalta-se que a produção de madeira a partir de florestas plantadas contribui para a diminuição do desmatamento, na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, bem como a capacidade das florestas de se adaptarem às mudanças no clima e no sequestro de carbono da atmosfera. A questão aqui levantada, é que a APA do Guariroba foi criada no intuito de proteger uma das principais fontes de água bruta para a cidade de Campo Grande, então, a inserção de atividades antrópicas não pode ir contra o objetivo da mesma, que é proteção e conservação do manancial. Há outras áreas no município onde a silvicultura pode ser implantada sem colocar em risco o abastecimento de água da cidade e, novas alternativas de renda devem ser dadas pelos gestores em substituição à atividade de silvicultura na APA.

No recorte espaço-temporal da Figura 8, observa-se que a vegetação arbórea no entorno do reservatório em uma cabeceira de drenagem é praticamente inexistente. No geral, nos reservatórios localizados nas cabeceiras de drenagem, quando há vegetação arbórea, são pequenos fragmentos que não cumprem suas funções socioecológicas como: regulação do fluxo de água, proteção das margens contra a erosão, armazenamento de carbono, redução da entrada de contaminantes, fornecimento de comida, água e cobertura para muitas espécies de animais terrestres, fornecimento de serapilheira e resíduos lenhosos importante para muitas formas de vida aquáticas (LIMA; ZAKIA, 2004), e de corredores de viagem para uma

grande variedade de espécies de vida selvagem. No caso do fluxo gênico, a fragmentação isola as espécies das cabeceiras e afeta a riqueza e a dispersão genética (LAWRENCE, et al., 1984; FREEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007). Socialmente, a vegetação ripária contribui para a identidade da paisagem a que pertence, assim, contribui para os serviços culturais, por exemplo, recreação, espiritualidade e inspiração (SIVAPALAN; SAVENIJE; HBLÖSCHL, 2012; DI BALDASSARRE, et al., 2019).

No recorte espaço-temporal da Figura 8 também é visível um canal artificial para irrigação complementar de pastagens, em que o gado tem livre acesso, o que pode causar o desbarrancamento do mesmo e acelerar o processo erosivo. O material desagregado pelo tráfego de animais é transportado encosta abaixo em dias de chuva e já é possível observar o acúmulo de sedimento no sopé da encosta a montante do reservatório. Nota-se também a completa descaracterização da cabeceira de drenagem decorrente da construção da barragem e formação do reservatório, que, conforme Freeman; Pringle e Jackson (2007), impacta inevitavelmente os sistemas fluviais. Na imagem de 2020 é possível observar a presença de cerca na APP ciliar e o canal artificial sem água, fato constatado para vários canais de irrigação na BH. Contudo a área a montante do reservatório encontra-se altamente degradada com foco em processo de arenização e tráfego de animais em APP.

Figura 8. Barramentos de cursos d'água naturais em cabeceiras de drenagem



Dada a importância da BH do córrego Guariroba para a cidade de Campo Grande, estão em execução projetos que visam a diminuição da degradação ambiental e preservação do manancial no âmbito do Programa Água Brasil, concebido pelo Banco do Brasil e executado pelos parceiros: Prefeitura Municipal de Campo Grande, a Agência Nacional de Águas, Banco do Brasil, Fundação Banco do Brasil e a *World Wide Fund for Nature*-Brasil (WWF, 2011). Na BH o Programa Água Brasil foi batizado de Manancial Vivo (SEMADUR, 2020a).

Também participam o governo do Estado de Mato Grosso do Sul, o Conselho Gestor da APA, a empresa de abastecimento Águas Guariroba, o Sindicato Rural de Campo Grande e a Associação de Restauração, Conservação e Preservação de produtores de água da BH do Guariroba.

As propriedades que aderiram ao Manancial Vivo receberam ajuda para custear obras de conservação do solo e da água e restauração florestal em APPs, passando a ter direito ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (CAMPO GRANDE, 2011; CAMPO GRANDE, 2018). A maior parte do recurso para custear as obras foi desembolsado pelos pecuaristas, o restante pelos parceiros acima mencionados. O PSA, aprovado em julho de 2018 (CAMPO GRANDE, 2018), é feito pelo Fundo Municipal de Meio Ambiente (FMMA), que tem como fontes de recursos: “I - órgão ou empresa, público ou privado, responsável pelo abastecimento de água ou que faça uso de recursos hídricos; II - órgão ou empresa, público ou privado, responsável pela geração e/ou distribuição de energia elétrica; III - empreendimentos e/ou atividades, que explorem atividade econômica, instalados nos limites da Unidade de Conservação; IV - outros recursos destinados a este fim por meio de Lei, Contrato ou Convênio” (CAMPO GRANDE, 2020).

Dentre as ações já executadas no Programa Manancial Vivo estão: obras para a conservação de estradas como terraços e barraginhas; terraços e barraginhas em pastagens; cercamento de APPs; restauração da vegetação ciliar; e atividades de educação ambiental e de difusão de boas práticas agropecuárias (SEMADUR, 2020b).

O efeito do cercamento das APPs e a construção de terraços e barraginhas no âmbito do Programa Manancial Vivo já é possível de ser visualizado via imagens de satélite (Figura 9A). Contudo, como mencionam Bradshaw (1990) e Martins (2014), dependendo do estágio de degradação ambiental, somente o isolamento da área não é suficiente para conter o avanço do processo, fato constatado a partir da Figura 9B, que mostra voçorocas ativas em área onde houve cercamento da APP. Um dos tributários mostrados no recorte (lado direito), os usos são silvicultura e pecuária, e a APP foi cercada, mas em ambas é possível visualizar solo exposto; do lado esquerdo observa-se o cercamento da APP e as práticas mecânicas de conservação do solo e da água: os terraços e as barraginhas ao longo da estrada. Essas práticas mecânicas são complementares e devem ser aplicadas em conjunto com as práticas de manejo como as edáficas e as vegetativas. Além disso, as barraginhas foram construídas em área onde predominam RQs que são altamente permeáveis. Em campo foram observadas inúmeras voçorocas ativas (Figura 9B) conectadas a rede de drenagem. Se não houver intervenção, a degradação tende a aumentar e grande parte do material perdido ficará retido nos pequenos reservatórios.

Figura 9. A) Recorte espacial ilustrando áreas degradadas; B) Processo erosivo linear ativo

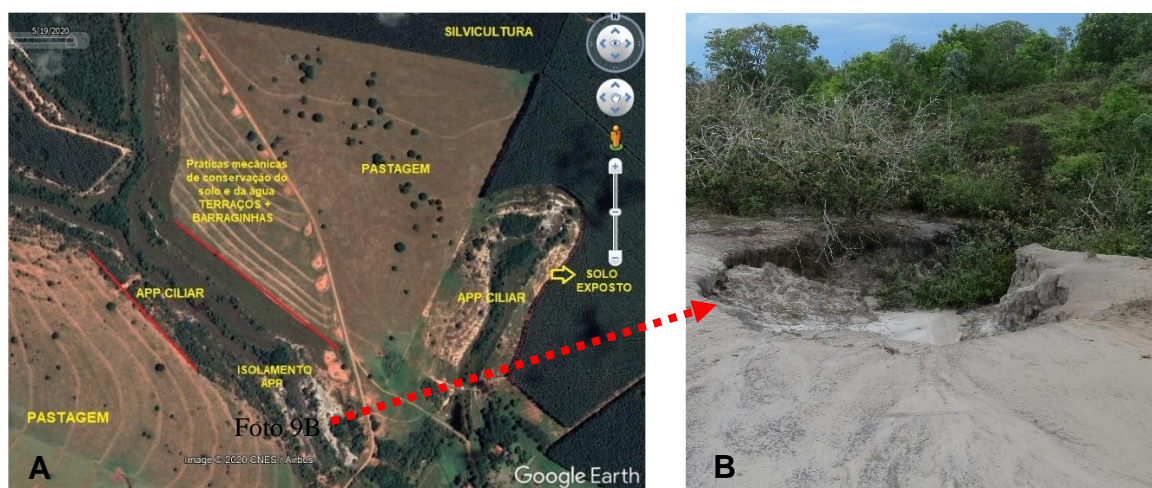


Foto: Arquivo pessoal, trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Guariroba em 14/12/2019.

Como acima mencionado, a maior parte das APPs ao longo dos córregos e no entorno de nascentes foi cercada. Porém, em algumas propriedades, há pontos onde o gado acessa os rios (Figura 10) e reservatórios (Figura 11) para dessedentação. O tráfego de animais acelera o processo erosivo linear, o que pode ocasionar o desbarrancamento de taludes e assoreamento, além da contaminação direta da água pelas fezes e urina.

Figura 10. Recorte espaço-temporal do córrego Saltinho em ponto com acesso do gado ao rio



Inúmeros trabalhos relataram que em áreas de pecuária o acesso dos animais aos sistemas ripícolas de água doce pode resultar em alterações na morfologia dos riachos (GEORGE, et al., 2002), compactação do solo e diminuição da infiltração (TRIMBLE; MENDEL, 1995; SHARROW, 2007), na desestabilização das margens, no aumento da erosão (ZAIMES; SCHULTZ, 2011) e aumento da sedimentação (TRIMBLE, 1994; TRIMBLE; MENDEL, 1995), além de prejudicar a qualidade da água e impactar a biota aquática (TRIMBLE; MENDEL, 1995; ARNAIZ, et al., 2011; KIBICHII, et al., 2015). Por fornecerem sombra e vegetação palatável (TRIMBLE; MENDEL,

1995; GEORGE, et al., 2004), o acesso do gado nas APPs ribeirinhas também impede o processo de regeneração natural (CAPOANE; SANTOS, 2013; O'CALLAGHAN, et al., 2018).

Nos trilhos por onde o gado acessa o rio também ocorre o acoplamento geomórfico (encosta-canal) (HARVEY, 2002), como pode ser observado na Figura 11, paisagístico, hidrológico e sedimentológico (WARD, 1997; BRACKEN; CROKE, 2007; ORMEROD, et al., 2011; KEESSTRA et al., 2018). Por isso, nas APPs ciliares onde o gado ainda tem acesso é preciso restringi-lo; nos locais onde o pisoteio dos animais afetou os caminhos de fluxos de escoamento, potencializando o processo erosivo e a perda material com abertura de ravinas e voçorocas, as mesmas devem ser recuperadas (recuperação de ravinas e voçorocas, recuperação da qualidade do solo a partir de práticas edáficas, vegetativas, mecânicas) e, posteriormente, proceder com a restauração florestal.

Figura 11. Recorte espaço-temporal de uma cabeceira de drenagem onde gado tem acesso ao reservatório para dessedentação



Os impactos ambientais detectados via sensoriamento remoto orbital e em trabalho de campo, mostram que o Programa Manancial Vivo precisa ampliar suas frentes de ação: nas APPs – cursos d'água e nascentes – que foram isoladas e que o processo de degradação persiste é necessário a recuperação de voçorocas e da qualidade física, química e biológica do solo a partir do consórcio de práticas edáficas, vegetativas e mecânicas, na sequência, a aplicação de modelos de restauração florestal, como os apresentados por Martins (2014) e Brancalion; Gandolfi e Rodrigues (2015); nas APPs sem isolamento (cerca) deve-se primeiramente isolar o fator de degradação, que no caso é o gado e, dependendo do estágio de degradação, proceder com as etapas acima mencionadas; as áreas em processo de arenização devem ser isoladas e as práticas de manejo a serem adotadas precisam focar, a princípio, na cobertura do solo visando sua proteção do impacto das gotas de chuva e deflação, bem como, o aumento da matéria orgânica; nas áreas de pastagens, embora em algumas tenha sido observada práticas mecânicas – terraços e barraginhas – elas são complementares e práticas de recuperação ou renovação ou reforma devem ser aplicados de acordo com a necessidade de cada propriedade (vide DIAS-FILHO, 2011); quanto às práticas mecânicas de conservação das

estradas, a construção de barraginhas em Neossolo Quartzarênico deve ser revista, pois, considerando que a rede de estradas aumenta a conectividade hidrossedimentológica (XU, et al., 2009; CAO, et al., 2015), a mobilização de um material pouco coeso e altamente susceptível ao transporte pelos agentes água e vento, além de acelerar o processo de arenização (Figura 12) pode causar o assoreamento de rios e reservatórios.

Figura 12. Estrada vicinal com terraços e barraginhas e foco em processo de arenização

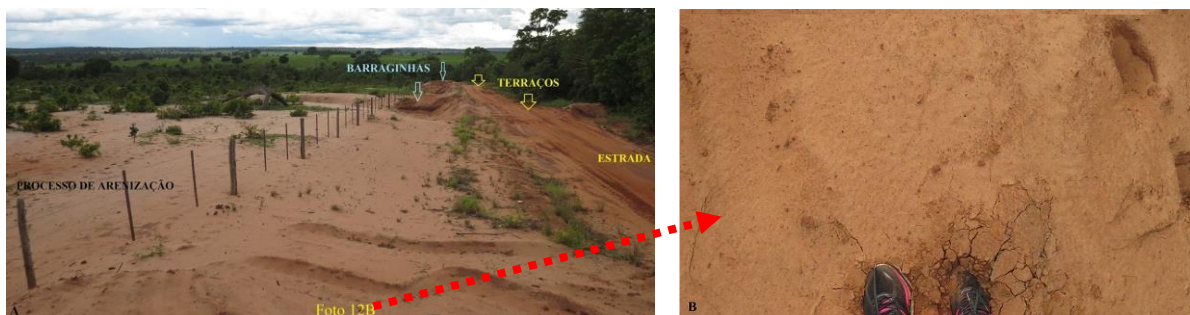


Foto: Arquivo pessoal, trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Guariroba em 14/12/2019.

Nas Áreas de Preservação Permanente do entorno dos reservatórios (BRASIL, 2002ab; BRASIL, 2012) - pequenos e no reservatório Guariroba (Figura 13), embora tenha sido colocado cerca impedindo o acesso do fator de degradação (gado), observa-se a partir das imagens históricas do Google Earth Pro que os responsáveis optaram pelo modelo de regeneração natural, que é indicado para áreas que ainda não perderam a resiliência. O plantio de mudas de espécies nativas pode acelerar o processo de restauração, consequentemente aumentar a proteção dos mananciais. Mesmo que os pequenos reservatórios atuem como armadilhas de sedimento na BH, a partir do recorte espacial, é possível observar a carga de sedimento que chega ao reservatório Guariroba.

Figura 13. Entorno do grande reservatório Guariroba





CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificados 66 pequenos reservatórios artificiais decorrentes do barramento de cursos d'água naturais, localizados, predominantemente, em canais de primeira ordem, nas cabeceiras de drenagem, e 119 reservatórios em área úmidas, principalmente às ribeirinhas. Os usos consultivos da água na bacia hidrográfica do Guariroba são: o abastecimento humano e animal e, irrigação em setores restritos; e o não consuntivo: a piscicultura.

Como as barragens de terra construídas em cursos d'água predominam nas cabeceiras de drenagem, a maior parte das nascentes foi descaracterizada e encontram-se em processo de degradação, com solo exposto, desbarrancamento da taipa e ausência de vegetação florestal no entorno. Os pequenos reservatórios em áreas úmidas ribeirinhas utilizados para dessedentação animal e piscicultura, também se encontram em processo de degradação ambiental.

Embora estejam em execução na BH programas que visam a diminuição da degradação ambiental, ela persiste em vários pontos. Assim, nas APPs que foram isoladas e o processo de degradação persiste é necessário a intervenção com a aplicação conjunta das práticas edáficas para recuperação da fertilidade; vegetativas para proteção do solo dos agentes erosivos; e mecânicas com a recuperação das voçorocas; posteriormente, proceder com a restauração florestal. Nas propriedades onde o gado ainda tem acesso aos cursos d'água e reservatórios para a dessedentação, as APPs precisam ser isoladas e bebedouros instalados. Nas áreas de pastagens, práticas de recuperação, renovação ou reforma devem ser aplicadas de acordo com a necessidade de cada propriedade. Nas estradas, em áreas com Neossolo Quartzarênico, a prática mecânica barraginha deve ser revista, pois em alguns pontos da BH, a abertura e manutenção das barraginhas, está acelerando o processo de arenização.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **ANA investe R\$ 800 mil na recuperação da APA Guariroba**. 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/ana-investe-r-800-mil-na-recuperaassapso-da-apa.2019-03-15.5059392900>. Acesso em 18 maio 2020.
- ARAÚJO, H. J. T. et al. Geologia. In.: **Projeto RADAMBRASIL - Folha SF-21 - Campo Grande**. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, v. 28, p. 9-124, 1982.
- ARNAIZ, O. L. et al. Influence of riparian condition on aquatic macroinvertebrate communities in an agricultural catchment in southeastern Australia. *Ecological Research*, v. 26, p. 123-131, 2011.
- BERGA, L. et al. **Dams and reservoirs, societies and environment in the 21st century**. Barcelona, Spain. London, UK: Taylor and Francis Group, 2006.
- BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological Processes*, v. 21, p. 1749-1763, 2007.



- BRADSHAW, A. D. Restoration: an acid test for ecology. In: JORDAN, W. R.; GILPIN, M. E.; ABER, J. D. (Eds.). **Restoration Ecology: a synthetic approach to ecological research**. Cambridge: University Press, 1990. p. 23-29.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- BRANDT, S. A. Classification of geomorphological effects downstream of dams. **Catena**, v. 40, p. 375-401, 2000.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 maio 2002.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 maio 2002.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012.
- BROWN, G. W. Controlling nonpoint source pollution from silvicultural operations: What we know and don't know. pp. 332-333. In: Perspectives on Nonpoint Source Pollution, **Proceedings of a National Conference**, Kansas City, Missouri. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1985.
- CAMPO GRANDE (Município). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Guariroba – APA do Guariroba**. Volume I. Campo Grande, 2008.
- CAMPO GRANDE (Município). Programa manancial vivo viabiliza mais de R\$ 1,4 milhão aos produtores da APA Guariroba. **CGNotícias**. 2018. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/cgnoticias/noticias/programa-manancial-vivo-viabiliza-mais-de-r-14-milhao-aos-produtores-da-apa-do-guariroba/>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- CAMPO GRANDE (Município). **Decreto nº 14.114 de 06 de janeiro de 2020**. Atualiza a regulamentação da Lei n. 3.612, de 30 de abril de 1999, que instituiu o Sistema Municipal de Licenciamento e Controle Ambiental (SILAM) e o Fundo Municipal de Meio Ambiente (FMMA), e dá outras providências. 2020. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=388553>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- CAMPO GRANDE (Município). **Lei n. 5.025, de 22 de dezembro de 2011**. Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA no município de Campo Grande e dá outras providências. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/wp-content/uploads/sites/24/2018/05/Lei-Municipal-5030-2011-Institui-Programa-Inspecao-Ambiental-Veicular.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- CAO, L. et al. Modeling interrill erosion on unpaved roads in the Loess Plateau of China. **Land Degradation & Development**, v. 26, n. 8, p. 825-832, 2015.
- CAPOANE, V. Implicações da resolução e fonte de modelos altimétricos na análise quantitativa de atributos geomorfométricos para a bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 2417-2432, 2020.
- CAPOANE, V. Susceptibilidade a erosão na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 2, p. 49-55, 2019.
- 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.
- CHAO, B. F.; WU, Y. H.; LI, Y. S. Impact of artificial reservoir water impoundment on global sea level. **Science**, v. 320, p. 212-14, 2008.
- CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Org.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. Ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-62.
- DI BALDASSARRE, G., et al. Sociohydrology: Scientific Challenges in Addressing the Sustainable Development Goals. **Water Resources Research**, v. 55, n. 8, p. 6327-6355, agos. 2019.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. Ed. rev., atual. e ampl. Belém-PA: Ed. do autor, 2011.
- DOWNING, J. A. et al. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments. **Limnology and Oceanography**, v. 51, n. 5, p. 2388-2397, set. 2006.
- DOWNING, J. A. et al. Sediment organic carbon burial in agriculturally eutrophic impoundments over the last century. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, p. 1 Sediment organic carbon burial in agriculturally eutrophic impoundments over the last century 10, GB1018, fev. 2008.



- DU, Y. et al., Water bodies' mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR Band. **Remote Sensing**, v. 8, 354, p. 1-19, abr. 2016.
- FREEMAN, M. C.; PRINGLE, C. M.; JACKSON, C. R. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, p. 5-14, 2007.
- GEORGE, M. R. et al. Influence of grazing on channel morphology of intermittent streams. **Journal of Range Management**, v. 55, p. 551-557, nov. 2002.
- GEORGE, M. R. et al. Cattle grazing has varying impacts on stream-channel erosion in oak woodlands. **California Agriculture**, v. 58, n. 3, p.138-143, 2004.
- DOWNING, J. A. et al. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments. **Limnology and Oceanography**, v. 51, p. 2388-2397, set. 2006.
- DOWNING, J. A. et al. Sediment carbon burial in agriculturally eutrophic impoundments over the last century. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, p. 1-10, fev. 2008.
- DU, Y. et al. Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. **Remote Sensing**, v. 8, n. 4, p. 1-9, 354, abr. 2016.
- ESA. European Spatial Agency. **SNAP Download**. Disponível em: <http://step.esa.int/main/download/snap-download/>. Acesso em: 11 maio 2020.
- ESA. European Spatial Agency. **MultiSpectral Instrument (MSI) Overview**. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>. Acesso em: 11 maio 2020.
- GILLILAN, D. M.; BROWN, T. C. **Instream flow protection**: Seeking a balance in western water use. Washington: Island Press, 1997.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base cartográfica contínua do Brasil, escala 1:250.000 - BC250**. Versão 2019. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso: 07 maio 2020.
- HABETS, F. et al. The cumulative impacts of small reservoirs on hydrology: a review. **Science of the Total Environment**, v. 643, p. 850-8671, dez. 2018.
- HANCOCK, G. R. The use of digital elevation models in the identification and characterization of catchments over different grid scales. **Hydrological Processes**, v. 19, n. 9, p. 1727-1749, 2005.
- HUGGETT, R. J. Soil landscape systems: A model of soil genesis. **Geoderma**, v. 13, n.1, p. 1-22, 1975.
- IGNATIUS, A. R.; RASMUSSEN, T. C. Small reservoir effects on headwater water quality in the rural-urban fringe, Georgia Piedmont, USA. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 8, p. 145-161, dez. 2016.
- KESSTRA, S. et al. The way forward: Can connectivity be useful to design better measuring and modelling schemes for water and sediment dynamics? **Science of the Total Environment**, v. 644, p. 1557-1572, 2018.
- KUMMU, M.; VARIS, O. Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River. **Geomorphology**, v. 85, p. 275-293, 2007.
- KIBICHII, S. et al. The influence of water quality on hyporheic invertebrate communities in agricultural catchments. **Marine and Freshwater Research**, v. 66, p. 805-814, mar. 2015.
- LACERDA FILHO, J. V. et al. **Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso do Sul - (escala 1:1.000.000)**. São Paulo, 2006.
- LAPIDUS, D. F. et al. **Landform**. Collins Dictionary of Geology. Glasgow: HarperCollins Publishers, 2003.
- LASTORIA, G. et al. Contribuição da geofísica para a hidrogeologia da APA Guarirôba, município de Campo Grande-MS. In: DA SILVA, H. C. (Org.) **Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3**. Ponta Grossa-PR: Atena Editora, 2019, p. 90-96.
- LAWRENCE, R. et al. Riparian forests as nutrients filter in agricultural watersheds. **Bioscience**, v. 34, p. 374-377, 1984.
- LECOURS, V. et al. Influence of artefacts in marine digital terrain models on habitat maps and species distribution models: a multiscale assessment. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 3, n. 4, p. 232-246, 2017.
- LIKENS, G. E. et al. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed ecosystem. **Ecological Monographs**, v. 40, p. 23-47, 1970.



- LIMA, N. A. S. et al. Índices espectrais por sensoriamento remoto com os satélites LANDSAT-5 e SENTINEL-2 no entorno do reservatório Poço da Cruz – PE. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 9, p. 299-309, 2019.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. p. 33-44.
- LIU, Y. et al. Recent trends in vegetation greenness in China significantly altered annual evapotranspiration and water yield. **Environmental Research Letters**, v. 11, p. 94010, set. 2016.
- MANATUNGE, J.; NAKAYAMA, M.; PRIYADARSHANA, T. Environmental and Social Impacts of Reservoirs: Issues and Mitigation. In: WOLANSKI, E. (Ed.). **Oceans and aquatic ecosystems**, 2009.
- MARTINS, S. V.; **Recuperação de matas ciliares: no contexto do Novo Código Florestal**. 3. Ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2014.
- MASSAD, F. **Obras de Terra: curso básico de Geotecnia**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- MOSSAD, F. **Obras de terra: curso básico de geotecnia**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- MOTTA, P. E. F. da et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Município de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- MUNGER, Z. W.; SHAHADY, T. D.; SCHREIBER, M. E. Effects of reservoir stratification and watershed hydrology on manganese and iron in a dam-regulated river: Manganese and iron in a dam-regulated river. **Hydrological Processes**, v. 31, n. 8, p. 1622-1635, abr. 2017.
- O'CALLAGHAN, P. et al. The environmental impact of cattle access to watercourses: a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 11, p. 1-12, 2018.
- OLIVEIRA, A. K. et al. Avaliação multitemporal das paisagens da Área De Proteção Ambiental (APA) dos mananciais do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélites. **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 42, p. 8-20, 2017.
- ORMEROD, S. J. et al. **Landscape connectivity of freshwater ecosystems: strategic review and recommendations**. Bangor: CCW Contract Science Report, n. 932, 2011.
- OWEIS, T.; HACHUM, A. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. **Agricultural Water Management**, v. 80, p. 57-73, 2006.
- PETTS, G. E. **Impounded rivers: Perspectives for ecological management**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984.
- POFF, N. L.; SCHMIDT, J. C. How dams can go with the flow. **Science**, v. 353, n. 6304, p. 1099-1100, 2016.
- PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. 2. Ed. Toronto: John Wiley and Sons, 1987.
- RABENI, C. F.; JACOBSON, R. B. The importance of fluvial hydraulics to fish-habitat restoration in low-gradient alluvial streams. **Freshwater Biology**, v. 29, n. 2, p. 211-220, 1993.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. Ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPACNPQ, 1995.
- RAVAZZANI, G. et al. Assessing downstream impacts of detention basins in urbanized river basins using a distributed hydrological model. **Water Resources Management**, v. 28, n. 4, p. 1033-1044, 2014.
- REICHERT, J. M. et al. Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 237, p. 282-295, maio 2017.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia USP**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.
- ROSS, J. L. S. et al. Macroformas do relevo da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 38, p. 58-69, 2019.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.
- SHARROW, S. H. Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. **Agroforestry Systems**, v. 71, p. 215-223, jul. 2007.
- SNAP. Sentinel Application Platform. Version 7.0.0. Disponível em: <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>. Acesso em: 28 jun. 2020.



SEMADUR. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano. **Manancial Vivo**. 2020a. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/canais/manancial-vivo/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

SEMADUR. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano. **Aspectos conceituais, metodológicos e resultados obtidos entre os anos de 2009 – 2011**. 2020b. Disponível em: <http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/wp-content/uploads/sites/24/2018/05/Relato%CC%81rio-Resultados-Obtidos-Entre-2009-e-2011.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2020.

SEMADUR. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano. **Arquivos vetoriais**. 2008. Disponível: <http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/arquivos-vetoriais-de-campo-grande/>. Acesso: 23 abr. 2020.

SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: A new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, p. 1270-1276, jan. 2012.

SMITH, W. S.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHA, O. Environmental gradient in reservoirs of the medium and low Tietê River: limnological differences through the habitat sequence. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 26, p. 73-88, 2014.

SPERA, S. T. et al. **Solos areno-quartzosos no cerrado**: Características, problemas e limitações ao uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999.

THEODOROVICZ, A. M. de G.; THEODOROVICZ, A. **Geodiversidade do estado de Mato Grosso do Sul**. São Paulo: CPRM, 2010.

TRABUCCO, A. et al. Climate change mitigation through afforestation/reforestation: a global analysis of hydrologic impacts with four case studies. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 126, n. 1-2, p. 81-97, 2008.

TRIMBLE, S. W.; MENDEL, A. C. The cow as a geomorphic agent: A critical review. **Geomorphology**, v. 13, p. 233-253, 1995.

TRIMBLE, S. W. Erosional effects of cattle on streambanks in Tennessee, USA. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 19, p. 451-464, 1994.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Environmental impact assessment of reservoir construction: new perspectives for restoration economy, and development: the Belo Monte power plant case study. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 10-15, 2015.

USGS. United States Geological Survey. **Digital Elevation, SRTM, 1 Arc-Second Global**. Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: 23 abr. 2020.

VAROL, M. et al. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. **Catena**, v. 92, p. 11-21, maio 2012.

VOROSMARTY, C. J. et al. The storage and aging of continental runoff in large reservoir systems of the world. **AMBIO**, v. 26, p. 210-219, 2019.

XU, X. L. et al. Runoff and water erosion on road side-slopes: effects of rainfall characteristics and slope length. **Transportation Research**, v. 14, p. 497-501, 2009.

WALLING, D. E.; FANG, X. Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. **Global and Planetary Change**, v. 39, p. 111-126, 2003.

WAN, W. et al. Hydrological drought in the Anthropocene: impacts of local water extraction and reservoir regulation in the US. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 122, n. 21, p. 313-328, 2017.

WARD, J. V. An expansive perspective of riverine landscapes: pattern and process across scales. **River Ecosystems**, v. 6, p. 52-60, 1997.

WCD. World Commission on Dams. **Dams and development**: a framework for decision making. London, UK: Earthscan, 2000.

WISSER, D. et al. The significance of local water resources captured in small reservoirs for crop production – A global-scale analysis. **Journal of Hydrology**, v. 384, n. 3-4, p. 264-275, 2010.

WWF. Worldwide Fund For Nature. **Começa recuperação do Córrego Guariroba, em Campo Grande**. 2011. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?uNewsID=29262>. Acesso em: 09 jun. 1998.

ZAIMES, G. N.; SCHULTZ, R. C. Stream bed substrate composition adjacent to different riparian land-uses in Iowa, USA. **Ecological Engineering**, v. 37, p. 1692-1699, 2011.