

DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA E IMPLICAÇÕES SOBRE O REGIME HIDROLÓGICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CLARO, SUB-BACIA DO RIO ARAGUAIA (GO)

NATIVE VEGETATION DEGRADATION AND IMPLICATIONS OVER CLARO RIVER'S HYDROLOGICAL REGIME, SUB BASIN OF ARAGUAIA RIVER (GO)

Matheus Cardoso GOMES, Ana Caroline Rodrigues Cassiano de SOUSA, Maximiliano BAYER, Karla Maria Silva de FARIA

¹Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. Avenida Esperança, s/n. Goiânia – GO.
E-mails: matheuscardoso545@gmail.com; carolinerodrigues11@gmail.com; maxibayer@yahoo.com.ar; karla_faria@ufg.br

Introdução
Metodologia
Resultados e discussões
 Uso do solo
 Fragmentação da vegetação nativa
 Áreas de Preservação Permanente (APP) de nascentes e cursos d'água
 Série Histórica de Precipitação Acumulada
 Distribuição de vazões
Considerações finais
Agradecimentos
Referências

RESUMO - A bacia hidrográfica do Rio Claro é uma das principais sub bacias do médio Araguaia e apresenta intensa degradação ambiental, proveniente da expressiva ocupação humana e substituição da vegetação nativa por usos antrópicos. Dado esse cenário, o presente estudo objetiva analisar se a degradação da vegetação nativa da bacia do Rio Claro apresenta relação com as possíveis reduções das vazões de seu canal principal. Para isso, foram analisados conjuntamente dados de uso e cobertura, métricas da paisagem, áreas de preservação permanente (APP), número de reservatórios e outorgas, vazões e precipitação. Os resultados reforçam a alta degradação da vegetação nativa, com predominância de pastagens, aumento da fragmentação e redução das APPs nos últimos anos, além de apenas 14,6% dos reservatórios serem outorgados pelo poder público; também foram observadas a redução das vazões médias do Rio Claro em registros de 46 anos de dados fluviométricos, e a estabilidade da precipitação. Portanto, conclui-se que as atividades antrópicas exercem um impacto nocivo sobre o regime hidrológico da bacia do Rio Claro, visto que não há alteração significativa do volume precipitado médio nos últimos 20 anos, de forma que aspectos antrópicos foram mais expressivos nas mudanças de vazões do que os climáticos.

Palavras-chave: Degradação ambiental. Vazões. Áreas de Preservação Permanente. Fragmentação. Sensoriamento remoto. Rio Araguaia.

ABSTRACT - The Claro River Basin is one of the main sub basins of middle Araguaia River and presents intense environmental degradation as a result of expressive human occupation and replacement of native vegetation for anthropic uses. Based on that, the present study aims to analyze if the native vegetation degradation of Claro River Basin presents a relation with possible discharge reduction of its main channel. For that, land use data, landscape metrics, permanent preservation areas (APP), number of reservoirs, water grants, discharge and precipitation were analyzed together. The results highlight the high native vegetation degradation, with predominance of pasture, increase of fragmentation and reduction of APPs in the last years, besides that only 14,6% of reservoir has been granted by the government; also, it was observed a reduction of Rio claro's mean discharge in 46 years of fluviometric data and a stability of precipitation. Therefore, it's been concluded that anthropic activity promotes a harmful impact over the hydrological regime of Claro River Basin, because there is not significant alteration of precipitated volume in the last 20 years, so the anthropic aspects were more expressive in the discharge changes than climatic aspects.

Keywords: Environmental degradation. Discharge. Permanent Preservation Areas. Fragmentation. Remote sensing. Araguaia River.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado, segundo maior bioma do Brasil e maior Savana Sul-americana, passa por intenso processo de conversão de sua vegetação nativa, disputando seu espaço principalmente com usos antrópicos como as pastagens e outras culturas agrícolas (Klink & Machado, 2005; Sano et al., 2019; Alencar et al., 2020).

Da área total abrangida pelo Cerrado, estudos como o do Projeto MapBiomias apontam que entre 1985 e 2017 cerca de metade foi convertida

em áreas antrópicas (agropecuárias, mineração, áreas urbanas), com taxas anuais de cerca de 0,5% – maiores do que as taxas que ocorrem no bioma Amazônico (Alencar et al., 2020). A intensificação das atividades humanas tende a gerar impactos como a fragmentação da vegetação nativa, a introdução de espécies invasoras, a perda de biodiversidade, a poluição hídrica e a intensificação de processos erosivos (Klink & Machado, 2005). Os índices apresentados pelo Cerrado

indicam o alto e acelerado grau de degradação, quando levada em consideração sua ocupação mais tardia do que a de outros biomas brasileiros (Latrubesse et al., 2009; Sano et al., 2019; Alencar et al., 2020).

Nesse contexto, a bacia do Rio Araguaia que tem como cobertura majoritária o bioma Cerrado, além de uma pequena parte do bioma Amazônico, abriga o principal rio dos planaltos do Brasil (Aquino et al., 2009a) e é representativa dos processos desenvolvidos no Cerrado vinculados à intensa expansão das atividades agropecuárias estimulada pelo estado a partir da década de 1970, que substituiu a vegetação nativa por cultivos voltados à exportação e promoveu alta degradação ambiental na região, ao ponto desta bacia ser considerada área prioritária para conservação dentro do Cerrado (Castro, 2005; Latrubesse & Stevaux, 2006; Coe et al., 2011).

Outros impactos da intensificação da antropização, já identificados nessa bacia, estão associados à entrada de sedimentos no Rio Araguaia, provocando ajustes no curso d'água em curto período de tempo; alteração dos regimes hidrológicos de bacias hidrográficas devido à construção de reservatórios e captações superficiais, e mudanças no regime de vazões dos cursos d'água, que já foram consideradas por alguns autores como resultantes das mudanças de uso e cobertura (Costa et al., 2003; Latrubesse et al., 2009; Coe et al., 2011; Assis & Bayer, 2020; Bayer & Zancopé, 2014).

Stevaux & Latrubesse (2017) apresentam que os barramentos são as maiores alterações no

regime hidrológico dos continentes pois os sistemas fluviais acabam tendo os padrões de vazão e transporte sedimentar alterados. Trazendo para o contexto do Rio Araguaia, apesar de não ter nenhum barramento ou outra interferência em seu canal principal (Latrubesse et al., 2009), estudo de Coe et al. (2011) sugere alterações no regime de vazão do Rio Araguaia que podem ser resultantes de uma associação entre mudanças de uso e cobertura e mudanças climáticas.

Dentre as sub-bacias que compõem a bacia do Araguaia, na sub-bacia do Rio Claro foi identificada alta degradação ambiental associada a impactos e conversão da vegetação nativa (Faria & Castro, 2013). A área apresenta elevado grau de fragmentação que dificulta o cumprimento da função ambiental dos fragmentos nativos que estão permeados por pressões de uma matriz essencialmente antrópica (Faria et al., 2012).

Esse cenário tende a impactar os serviços ecossistêmicos prestados pela cobertura vegetal, tais como a mitigação da erosão, o cultivo agrícola e a própria disponibilidade de água nos cursos hídricos para uso e consumo humano (Hackbart, 2016).

Portanto, com base em tais premissas, o objetivo do presente estudo é analisar a relação entre a degradação da vegetação nativa – resultante das dinâmicas de uso e cobertura do solo, da fragmentação da vegetação nativa e da ocupação irregular de áreas protegidas – com as possíveis mudanças hidrológicas no regime de vazões da sub bacia do Rio Claro.

METODOLOGIA

O Rio Claro é um afluente da margem direita do Rio Araguaia, integralmente inserido no estado de Goiás, possui uma área de aproximadamente 10150 km², com curso principal de aproximadamente 344 km de extensão, e abrange cerca de 24 municípios (Figura 1). A bacia está inserida no médio Araguaia (Bayer, 2010; Latrubesse & Stevaux, 2002) e faz parte um conjunto de sub bacias goianas que têm um papel determinante em parâmetros de quantidade e qualidade de recursos hídricos do Araguaia (Bayer, 2010). A bacia do Rio Claro e as outras sub bacias goianas do Araguaia são caracterizadas pela presença de rios meandriformes e feições associadas a canais abandonados, e são consideradas uma das maiores áreas de sedimentação do Estado de Goiás (Aquino et al., 2009b).

A análise da degradação da bacia foi realizada considerando dois aspectos: fragmentação da vegetação nativa e ocupação irregular de Áreas de Preservação Permanente (APP) relacionadas a cursos d'água e nascentes. Utilizou-se os dados anuais de uso e cobertura do solo, disponibilizados pelo MapBiomas (Projeto MapBiomas, 2020), referentes à coleção 4.1, sendo adotados os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2018, na plataforma do *Google Earth Engine*. Tais dados foram posteriormente recortados e quantificados para os limites da bacia e das áreas de APP.

As classes de uso mapeadas pelo MapBiomas e seus respectivos códigos são: Vegetação Nativa: formação florestal (3), formação savânica (4), formação campestre (12) e outra formação natural

não florestal (13); Silvicultura (9); Pastagem (15); Agricultura: cultura anual e perene (19) e cultura semi-perene (20); Infraestrutura Urbana (24); Áreas não vegetadas (25); e Água (33).



Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Claro.

A análise da fragmentação adotou as métricas da paisagem capazes de avaliar a fragmentação resultante da redução das áreas dos fragmentos nativos, do potencial dos efeitos de borda e da conectividade ou isolamento das manchas, sendo adotadas: Percentual das Classes (PLAND), Número de Fragmentos (NP), Total de Bordas (TE), Índice de Área Central Total (TCAI) e Distância Média Euclidiana do Vizinho Mais

Próximo (ENN_MN), cujas definições utilizadas pelo *software* no cálculo matemático de cada métrica constam no quadro da figura 2.

Para mensurar as métricas de borda (TE, TCAI e ENN-MN), foram consideradas as seguintes distâncias das bordas de vegetação nativa: 60m quando a feição vizinha for pastagem, 60 m agricultura, 60m infraestrutura urbana, 30m silvicultura e 30m mineração.

MÉTRICA	Percentual da Classe (PLAND)	Número de Fragmentos (NP)	Índice de Área Central Total (TCAI)	Total de Bordas (TE)	Distância Euclidiana Média do Vizinho Mais Próximo (ENN-MN)
DESCRIÇÃO	Soma das áreas das feições de mesma classe dividido pela área total da paisagem (multiplicado por cem para percentual).	Soma do número de fragmentos de cada classe.	Soma das áreas centrais das feições da mesma classe, dividido pela área total da mesma classe (multiplicado por cem para percentual).	Soma dos comprimentos das bordas que formam o perímetro das feições de cada classe, considerando a borda (m)	Soma da distância até o vizinho mais próximo de mesma classe, com uso da distância entre bordas (dividido pelo número de fragmentos da classe).

Figura 2 – Métricas da paisagem selecionadas. (Fonte: McGarigal & Marks, 1995).

Por sua vez, para quantificar a degradação proveniente dos usos indevidos nas APPs de cursos d'água e de nascentes, foi necessário obter os dados de drenagem do MACROZAE-GO (escala 1:100.000) disponibilizados pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG, 2020) e os dados de pontos de nascentes elaborados por Assis et al. (2019) (escala 1:5.000). Todos os dados vetoriais e matriciais utilizados foram trabalhados

no sistema de referência SIRGAS 2000.

Para delimitar as APPs de cursos d'água e nascentes foram adotados os parâmetros legais apresentados no Código Florestal, Lei nº 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012), que considera área protegida aquela em um raio de 50 metros no entorno de nascentes e um gradiente de distância para os cursos d'água, a depender de sua largura. Diante da falta de viabilidade de aferição da largura

de todos os cursos da bacia, foi adotado o menor valor estabelecido na referida lei (30 metros) para cada margem das drenagens. Para processamento dessas distâncias, foi utilizada a função “Buffer”.

Para analisar o comportamento hidrológico do canal principal, foram adquiridos dados de vazão referentes ao período de 1972 a 2018, provenientes da estação fluviométrica nº 24950000 da Agência Nacional de Águas, que se encontra no canal principal da bacia, em seu baixo curso (HIDROWEB, 2019). Para complementar a análise de vazões, foi obtido o quantitativo de reservatórios

existentes na bacia, a partir do levantamento realizado pelo Instituto Mauro Borges (IMB, 2019) e dados referentes às outorgas de recursos hídricos emitidas até agosto de 2020 dentro do recorte da bacia, disponibilizadas pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás - SEMAD (SIGA GO, 2020).

Por fim, na plataforma do *Google Earth Engine* foram adquiridos dados de precipitação estimada pelo satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), algoritmo 3B43, referente à precipitação acumulada mensal, no período de 1999 a 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uso do Solo

Os dados de uso e cobertura indicam que as pastagens são destacadamente as coberturas predominantes na bacia do Rio Claro (Tabela 1), totalizando em 2018 quase três quartos de sua área (7.227,62 km² ~71,1%). Em seguida, vegetação nativa e agricultura são as coberturas de maior recobrimento da área de estudo, ocupando 25,5% e 2,27%, respectivamente.

Tabela 1 - Área (km²) das classes de uso e cobertura na bacia do Rio Claro durante a série histórica.

Classes de Uso	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2018	(1985-2018)
Vegetação Nativa	3.524,07	3.205,83	2.942,79	2.885,54	2.771,79	2.688,02	2.597,72	↓ 26,2%
Silvicultura	0	0	0,03	0,16	0,69	13,74	36,48	-
Pastagem	6.574,93	6.891,4	7.157,84	7.209,92	7.289,84	7.344,54	7.227,62	↑ 9,92%
Agricultura	16,57	16,5	14,87	12,74	46,29	59,28	231,42	↑ 1296%
Urbano	6,99	8,35	9,6	10,15	11,64	14,55	20,49	↑ 193,1%
Área Não Vegetada	15,44	15,51	15,09	21,6	17,19	15,61	17,23	↑ 11,5%
Água	26,88	27,32	24,62	24,7	27,43	29,041	33,77	↑ 25,6%

Legenda: ↑ = aumento; ↓ = redução (Fonte dos dados: Projeto MapBiomias - Coleção 4.1).

No âmbito da bacia do Rio Araguaia, Castro (2005) destaca que principalmente a alta bacia sofre com a expansão da fronteira agrícola, por meio da substituição de vastas áreas de vegetação natural por uso antrópico. Essa intervenção antrópica não gerou impactos somente à biodiversidade de fauna e flora da região, como também propiciou a ocorrência de processos erosivos e de assoreamento no setor da Alta bacia (Castro, 2005).

Nesse sentido, trabalhos anteriores de Latrubesse et al. (2009), Assis & Bayer (2020) apontam efeitos das atividades antrópicas em um sistema fluvial como o Araguaia.

Para os autores, o Rio Araguaia promoveu ajustes para transportar um excessivo volume de sedimentos, cuja origem é atribuída às atividades antrópicas desenvolvidas na bacia, principalmente à agropecuária. Corroborando tais constatações, trabalho de Bayer & Zancopé (2014) destaca que o Araguaia em seu médio curso passa por um processo enérgico de deposição sedimentar.

Fragmentação da vegetação nativa

Corroborando os resultados de uso e cobertura por meio da análise das métricas de paisagem a redução percentual das áreas de vegetação nativa (PLAND) entre 1985 e 2018 é reiterada (Tabela 2).

Tabela 2 - Métricas da paisagem para as principais classes de uso.

Classes de Uso	1985					2018				
	PLAND ¹	NP ²	TE ³	TCAI ¹	ENN ³	PLAND	NP	TE	TCAI	ENN
Vegetação Nativa	34,67	11.548	37614930	64,42	140,17	25,56	14.618	36278730	55,80	141,62
Pastagem	64,69	5.393	37747920	100	112,65	71,09	4.038	38060970	100	107,20
Agricultura	0,16	318	284970	100	1230,0	2,28	1516	2454000	100	604,90

Legenda: ¹ % ² adimensional, ³ metros (m).

Concomitantemente, houve aumento de NP nas feições nativas, ou seja, no período em estudo ocorreu redução de área com aumento de fragmentos, configurando a existência de fragmentação, que é caracterizada por processos como a perda de áreas de habitat e a desagregação de uma feição de uso em partes menores e mais distantes (isolamento) (Forman, 1995).

O total de bordas (TE) é uma métrica que quando analisada em conjunto com as demais permite a avaliação de tamanho, formato e efeito de borda nos fragmentos da classe. Observa-se que houve redução de bordas nas formações da vegetação nativa no período em estudo, indicando a princípio uma redução no efeito de borda (menos bordas, menor efeito de borda); porém, em análise conjunta, devido à redução das áreas e aumento de fragmentos, essa redução de TE pode ter ocorrido principalmente com a formação de manchas menores, que geram bordas menores em áreas reduzidas.

Quando considerado o efeito de borda na classe de vegetação, além do quantitativo de TE indicar uma possível segmentação, a área efetiva para conservação da biodiversidade e das funções ambientais na região também cai de 64,4%, em 1985, para 55,8%, em 2018, o que configura uma situação problemática para a preservação ambiental.

A distância entre os fragmentos mais próximos, que mensura a proximidade e conectividade entre as manchas de vegetação nativa – considerando a retirada das bordas que impactam suas funções – já era alta para a bacia do Rio Claro em 1985 (140,2m), quando comparadas às distâncias encontradas em outros trabalhos no Cerrado goiano, que varia em torno de 90m (Canedo, 2018; Siqueira & Faria, 2019), e ainda aumenta

para 141,62m em 2018, indicando o isolamento dos fragmentos.

Nas classes de pastagem e áreas agrícolas e silvícolas não se aplicam impactos de efeito de borda, pois, ao contrário dos fragmentos naturais que sofrem com pressões antrópicas, considera-se que as áreas agrícolas são aproveitadas em sua integralidade; portanto, para estas classes, TCAI (área aproveitada) é 100%.

De outro lado, os padrões observados para as classes de agropecuária (agricultura e pastagem) confirmam o crescimento dessas feições ao longo do período. O aumento percentual das áreas agrícolas segue um aumento no número de fragmentos dessa classe, indicando o contrário da fragmentação, ou seja, uma expansão dessas feições e sua maior conectividade. Esse cenário também é constatado pela redução das distâncias entre vizinhos mais próximos, que passa de 1.230m para 604,9m.

Faria et al. (2012), com base em dados de cobertura relativos ao ano de 2010, destacam que a bacia do Rio Claro apresenta alto grau de degradação e fragmentação, havendo presença de coberturas majoritariamente antrópicas. Ademais, os autores apontam, com base em seus resultados, que os fragmentos nativos da região costumam ser pequenos e dispersos na paisagem e que dificilmente cumprem seu papel ambiental.

Áreas de Preservação Permanente (APP) de nascentes e cursos d'água

No tocante às Áreas de Preservação Permanente (APP's), a análise espacial para as nascentes acompanha uma tendência similar aos dados de uso para toda a bacia, visto que as pastagens também predominam nas APPs de nascentes da bacia do Rio Claro, apresentando-se como a principal ocupação irregular nessas áreas protegidas (Figura 3).

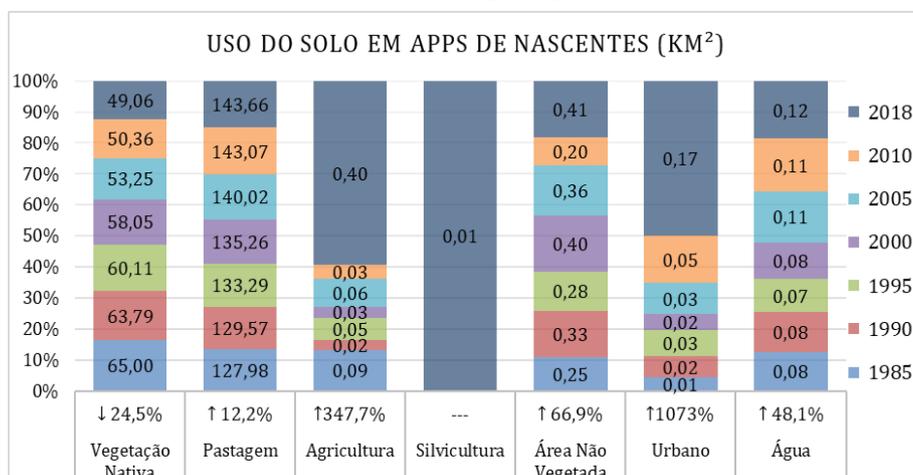


Figura 3 - Área (km²) das classes de uso e cobertura nas APPs de nascentes do Rio Claro durante a série histórica (Fonte dos dados: Projeto Mapbiomas - Coleção 4.1).

Em 2018, as pastagens ocupam aproximadamente 74% das áreas de preservação relativas às nascentes, sendo que em 1985 esse valor já era de 65,9%, representando assim um crescimento de aproximadamente 12% em 33 anos. A ocupação das áreas de APP com pastagens indica elevado índice de degradação devido ao pisoteio do gado e à invasão de gramíneas exóticas.

Além desse cenário de expressiva proeminência das pastagens, as áreas com vegetação nativa reduziram 24,5% entre 1985 e 2018, ressaltando a degradação dessas feições que deveriam ser preservadas.

Usos como Agricultura e Infraestrutura Urbana, ainda que apresentem expressivo aumento na bacia do Rio Claro entre 1985 e 2018 – 347,7% e 1073%, respectivamente – e maior proporção no ano de

2018, possuem quantitativos numéricos pouco representativos nas áreas de nascentes, não sendo, portanto, considerados os principais influenciadores no papel ambiental dessas áreas de preservação.

Assis et al. (2019) analisaram a situação das Áreas de Preservação Permanente de nascentes da bacia do Rio Claro e constataram uso irregular em todas as sub-bacias pertencentes à bacia do Rio Claro, com presença majoritária de pastagem e agricultura nas APPs de nascentes.

Quando considerados os usos em APPs de cursos d'água (Figura 4), os dados do MapBiomias não sugerem diferença considerável entre o percentual de pastagem e vegetação nativa, como ocorre nas APPs de nascentes. Ainda assim, as pastagens são a classe que predomina nessas áreas protegidas.

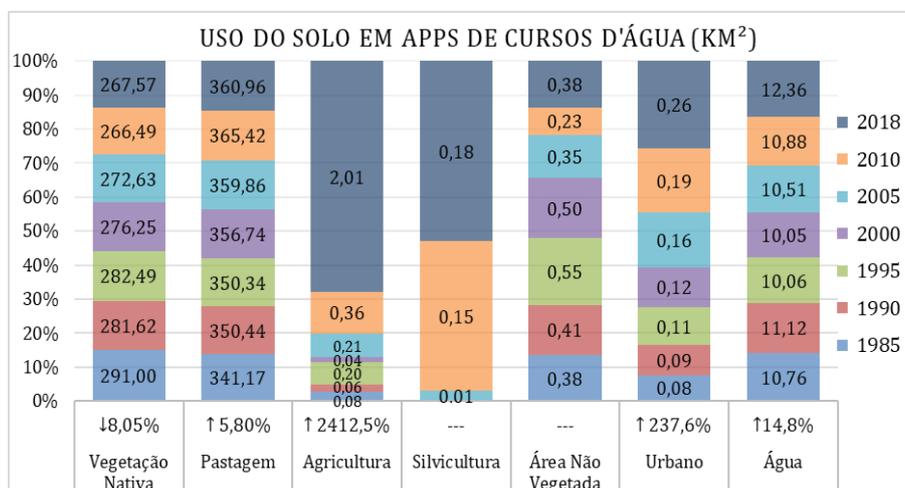


Figura 4 - Área (km²) das classes de uso e cobertura nas APPs de curso d'água do Rio Claro durante a série histórica (Fonte dos dados: Projeto Mapbiomas - Coleção 4.1).

As áreas de pastagens ocuparam em 2018 aproximadamente 56% das margens de cursos de água, enquanto a vegetação nativa ocupou 41,5% no mesmo ano. Comparando os anos de 1985 e 2018, as pastagens aumentaram 5,8%, enquanto áreas naturais reduziram 8%.

Em geral, a ocupação das APPs de nascentes e cursos d'água, principalmente com o cultivo de pastos e pisoteio de gado, causa a degradação da vegetação nativa remanescente nessas áreas, afetando o regime hidrológico e a biodiversidade local – em grande parte das vezes com a introdução de gramíneas exóticas que competem com as nativas (Dodonov et al., 2013).

Em áreas ripárias onde a vegetação nativa foi convertida em pastos na bacia do Rio Araguaia, Brito et al. (2020) concluíram que ocorreu a redução da permeabilidade do solo e consequentemente a redução da infiltração de água no solo e o aumento da resistência do solo à penetração, o

que pode causar maior vulnerabilidade dos solos à erosão, além de consequências negativas ao regime dos cursos d'água da bacia hidrográfica.

Skorupa (2003) explica que as APPs têm importante papel na estabilização contra processos erosivos, além de assegurar as condições ideais para a infiltração da água pluvial e recarga do nível freático. Dessa forma, o processo de substituição da vegetação nativa por outros tipos de cobertura tende a promover uma maior entrada de sedimentos nos sistemas fluviais (Stevaux & Latrubesse, 2017), além de alterar o comportamento das vazões (Tucci & Clarke, 1997).

Série histórica de precipitação acumulada

Conforme se observa na figura 5, os dados de precipitação dos últimos 20 anos, oriundos do satélite TRMM, não sugerem uma queda ou aumento da precipitação média da bacia durante as médias quadrienais estabelecidas para a região. A precipitação oscilou ao longo dos anos,

mas manteve valores médios semelhantes nos últimos nove anos. O período de 2005 a 2009 (média quadrienal de 1590 mm) foi considerado

o de maior média anual, embora tenha o ano de 2007 como um dos anos com menor precipitação da série histórica (1279 mm/ano).

Precipitação acumulada na bacia do Rio Claro

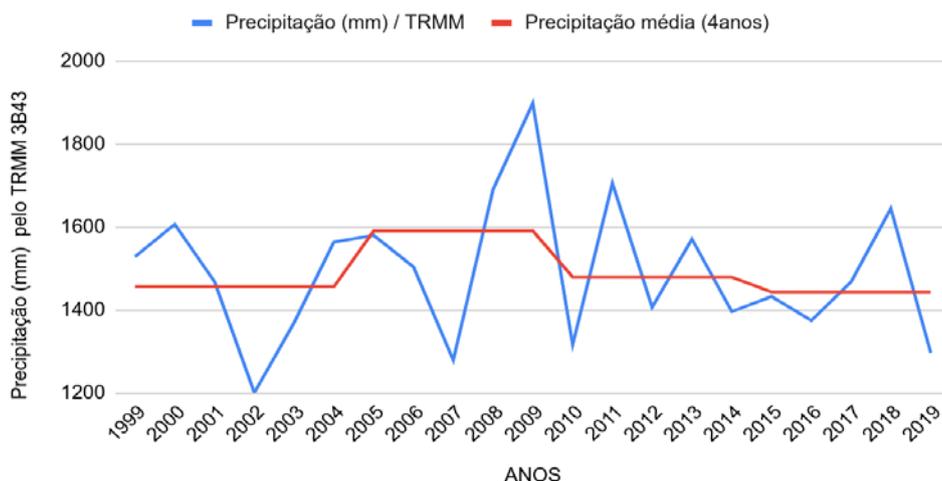


Figura 5 - Precipitação total anual na bacia hidrográfica do Rio Claro no período de 1999 a 2019 (Fonte dos dados: Satélite TRMM algoritmo 3B43).

Com base nessas informações, observa-se que o volume precipitado total durante as médias quadrienais, apesar de ter sido maior no período de 2005 a 2009, está semelhante à primeira média da série histórica (1999-2004), sugerindo que não houve redução considerável do volume precipitado na bacia nos últimos 20 anos. Todavia, é válido destacar que o produto 3B43 apesar de estimar satisfatoriamente a precipitação, pode superestimar os dados (Farias et al., 2013; Danelichen et al., 2013; Curtarelli et al., 2014).

Dessa forma, com base na premissa que as vazões de uma bacia, quando olhadas em uma série histórica, são um produto da relação entre o ciclo hidrológico de uma região e seus compo-

nentes naturais e antrópicos (MORTATTI et al., 2004), alguns autores mostram os efeitos que as mudanças de uso e cobertura tendem a promover no regime de vazões de bacias hidrográficas (Dias et al., 2019; Souza et al., 2017; Costa et al., 2003).

Distribuição de Vazões

Os dados de vazão média anual da estação de Montes Claros de Goiás (Figura 6) apontam uma tendência de redução da vazão média anual a partir de meados da década de 1990. A curva de vazão média da década apresenta que na última década (2007 - 2018) houve redução de aproximadamente 13% quando comparada à década anterior.

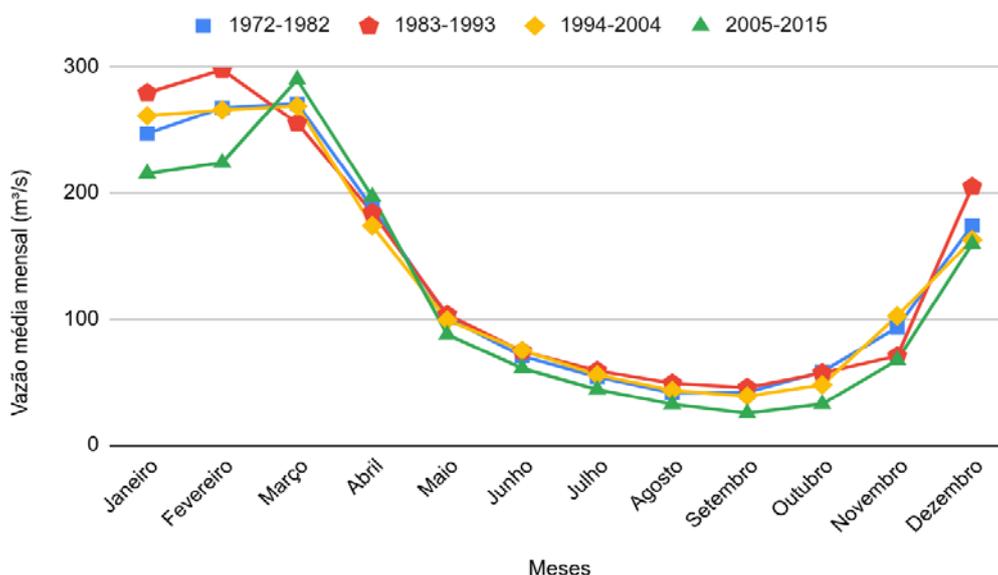


Figura 6 - Vazão média mensal do Rio Claro durante quatro décadas.

Em corroboração ao exposto quanto à redução de vazão média anual, na Figura 6 verifica-se também uma redução da vazão média mensal nas décadas analisadas (1972-1982, 1983-1993, 1994-2004 e 2005-2015).

A vazão média mensal na década de 2005-2015 é a que possui os valores mais baixos da série histórica, onde com exceção dos meses de março e abril, todos os demais estão abaixo de todas as outras décadas analisadas. Tal apontamento, mais uma vez, corrobora a existência de indícios da redução de vazão no Rio Claro.

Quanto às atividades antrópicas, Tucci & Clarke (1997) explicam que alterações na superfície da bacia, ligadas ao uso e cobertura, tendem a afetar os padrões de cheia e as vazões máximas e mínimas. Alguns exemplos de tais atividades são os reservatórios, as irrigações, as transferências de fluxos e os desmatamentos que afetam de alguma forma o sistema fluvial (Stevaux & Latrubesse, 2017; Costa et al., 2003).

Os dados de reservatório analisados apontam a existência, no ano de 2016, de 151 corpos d'água expostos à superfície, sendo que tal categorização compreende os reservatórios, represas e barragens (IMB, 2019). Assumindo que os dados de outorga disponibilizadas pelo SIGA GO (2020) apontam a existência de apenas 22 outorgas relativas a barramentos, nota-se que podem existir até 129 estruturas não outorgadas pelo poder público.

Os efeitos de tais barramentos, como as mudanças de vazão, de sedimentos e os processos de mudança do canal, podem se estender tanto à montante quanto à jusante do local de implementação, de modo que as alterações no ciclo hidrológico advindas do represamento das águas, além de outros efeitos, promovem aumento da evapotranspiração e até mesmo uma elevação do nível freático de uma região (Stevaux & Latrubesse, 2017).

Além das outorgas relativas aos barramentos, a bacia do Rio Claro possui outorgas de captação superficial (40 outorgas) e subterrânea (35 outorgas). Assim, assumindo que os 151 corpos

d'água existentes na bacia do Rio Claro tenham interferências antrópicas através do uso da água, nota-se que há uma falta de compromisso ou desconhecimento acerca da utilização sustentável dos recursos hídricos em aproximadamente 85% dessas estruturas.

Além desses efeitos, também é descrito que os reservatórios por impedirem o fluxo de sedimentos, acabam liberando uma água mais "limpa" que tende a erodir o leito do canal à medida que avança a jusante, numa tentativa de recuperar a carga sedimentar (Chien, 1985; Stevaux & Latrubesse, 2017). Dado o exposto, considera-se a possibilidade de toda essa quantidade de corpos d'água mapeados, somada às outras interferências antrópicas como a degradação da vegetação nativa, possam de fato ter um efeito nocivo sobre o ciclo hidrológico do canal e seu regime hidrológico de vazões.

Mesmo que o desmatamento promova um desbalanço nas vazões médias, mínimas e máximas de uma bacia, por meio da redução da evapotranspiração (Tucci & Mendes, 2006), também é preciso considerar que essa perda da vegetação nativa também acelera os processos erosivos e de entrada de sedimento nos canais fluviais (Stevaux & Latrubesse, 2017). Quanto às áreas de preservação permanente, Almeida et al. (2018) pontuam que essas áreas quando desprovidas de suas coberturas vegetacionais originais, tendem a fornecer maior quantidade de sedimentos devido à ação mais intensa de processos erosivos.

Embasando-se nessas considerações e nos dados analisados, é possível inferir que a alteração das vazões médias do Rio Claro nas últimas décadas pode ser resultante da degradação causada pelas transformações no uso e cobertura do solo. Isso pode ser entendido dado ao fato que a degradação foi ressaltada tanto pela redução percentual de áreas nativas, quanto pela qualidade dessas áreas quanto à fragmentação e ao cumprimento da proteção ambiental legal, e as médias de precipitação não apresentaram reduções significativas que indiquem que os aspectos climáticos sejam os principais causadores da alteração hidrológica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações no uso e cobertura do solo nas bacias hidrográficas do bioma Cerrado não são recentes e já foram reportadas por diversos autores em épocas distintas. As taxas de conversão de vegetação nativa crescem expres-

sivamente ao longo do tempo e deixam os remanescentes naturais expostos à redução de suas áreas, ao isolamento e ao descumprimento das legislações de proteção ambiental, sejam elas relativas às áreas protegidas ou à regulação de

uso da água.

Na bacia hidrográfica do Rio Claro, sub bacia goiana do Rio Araguaia, as análises de uso e cobertura do solo apontam para uma realidade em que as pastagens ocupam quase três quartos da área total, contra 25,5% de áreas de vegetação natural. Nessas áreas nativas, a análise descritiva das métricas da paisagem indicou aumento na degradação por meio de fragmentação relacionada ao isolamento da vegetação remanescente (141,6 m de distância entre fragmentos em 2018) e à redução da área útil para manter a conservação dos serviços ecossistêmicos e biodiversidade (cerca de 55,8% de área central efetiva em 2018).

Ainda, foi verificado que as áreas protegidas (APPs de nascentes e de cursos d'água) apresentam sinais de degradação principalmente devido à presença de grande percentual de pastagens em seu interior – 74% e 56%, respectivamente, em nascentes e corpos d'água.

Dessa forma, considerando os dados do MapBiomas a respeito do uso na bacia, do uso nas APPs de nascentes e nas de cursos d'água, e os dados de outorga e barragens, é possível afirmar que a atividade antrópica exercida na bacia possa ter uma maior influência sobre o

regime de vazões do canal principal do Rio Claro. Portanto, apesar das relações entre usos antrópicos, regime hidrológico e clima na bacia do Rio Claro ainda não sejam totalmente compreendidas, os resultados deste trabalho permitem inferir que as transformações da vegetação nativa em outros usos, sem considerar a importância dos remanescentes para os serviços ecossistêmicos relacionados aos cursos hídricos, têm influenciado a redução de vazões no Rio Claro.

Finalmente, os resultados deste trabalho contribuem com a compreensão da existência de uma integração entre as interações antrópicas e as funções ambientais dos corpos d'água. Para futuros trabalhos na região, sugere-se uma aplicação de análises estatísticas de correlação entre os percentuais de mudança de uso do solo, as métricas de fragmentação e os dados hidrológicos.

Ainda, como sugestões práticas para contornar os cenários apresentados, sugere-se que as legislações ambientais de proteção florestal e de regulamentação do uso múltiplo das águas sejam cumpridas fielmente e que sejam incentivadas a regeneração e a revegetação para aumento conectividade na bacia do Rio Claro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo financiamento de bolsa de Mestrado, com vigência de março de 2020 a março de 2021, e ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF) do Instituto de Estudos Sócio Ambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A.; SHIMBO, J.Z.; LENTI, F.; MARQUES, C.B.; ZIMBRES, B.; ROSA, M.; ARRUDA, V.; CASTRO, I.; RIBEIRO, J.P.F.M.; VARELA, V.; ALENCAR, I.; PIONTEKOWSKI, V.; RIBEIRO, V.; BUSTAMANTE, M.M.C.; SANO, E.E.; BARROSO, M. Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing*, v. 12, n. 924, p. 1-23, 2020.
- ALMEIDA, R.F.B.; FERREIRA JÚNIOR, L.G.; BAYER, M. Análise da cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica do Rio do Coco e suas implicações sobre as áreas de preservação permanente como instrumento na gestão dos recursos hídricos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 49, 2018.
- AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.; BAYER, M. Assessment of wash load transport in the Araguaia River (Aruana gauge station), Central Brazil. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, v. 16, n. 2, p. 119-128, 2009a.
- AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.; DE SOUZA FILHO, E.E. Caracterização hidrológica e geomorfológica dos afluentes da Bacia do Rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, n. 1, 2009 b.
- ASSIS, P.C. & BAYER, M. Análise multitemporal do sistema fluvial do Rio Araguaia, Aruanã – Goiás, Brasil. *Élisée - Revista De Geografia Da UEG*, v. 9, n. 2, 2020.
- ASSIS, P.C.; OLIVEIRA, A.E.L.; BAYER, M. Análise das condições de uso e ocupação do solo das áreas de preservação permanente (nascentes) da bacia hidrográfica do Rio Claro - Sub-bacia do Rio Araguaia. In: Pinheiro, L.S.; Gorayeb, A. (Org). *Geografia Física e Mudanças Globais*. Fortaleza: Editora UFC, 2019.
- BAYER, M & ZANCOPÉ, M.H.C. Ambientes sedimentares da planície aluvial do Rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 2, 2014.
- BAYER, M. *Dinâmica do transporte, composição e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do Rio Araguaia*. 2010. Goiânia. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Goiás.
- BRASIL. LEI 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Presidência da República, Brasília, DF, 25 de maio de 2012. Disp. em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm>. Acesso em: 01/08/2020.
- BRITO, G.Q.; SAMPAIO, J.A.G.; LUIZ, G.P.; MELO, A.C.A.; SIMÕES, V.P.; MARTINS, P.R.; NEVES, G.; MURTA, J.R.M.; FILHO, S.F.M.; JÚNIOR, A.F.C.; VIEIRA, L.C.G.; TEIXEIRA, A.C.O.; SALEMI, L.F. Efeitos da Conversão de Floresta Ripária em Pastagem sobre as Propriedades Físico-Hídricas do Solo. *Espaço & Geografia*, v. 22, n. 1, p. 73-89, 2020.
- CANEDO, G.S. *Análise da estrutura da paisagem na Sub-Bacia do Rio Caiapó (GO)*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, 2018.
- CASTRO, S.S. Erosão hídrica na alta bacia do Rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 17, p. 38-60, 2005.

- CHIEN, N. Changes in river regime after the construction of upstream reservoirs. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 10, n. 2, p. 143-159, 1985.
- COE, M.T.; LATRUBESSE, E.M.; FERREIRA, M.E.; AMSLER, M.L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. **Biogeochemistry**, v. 105, n. 1-3, p. 119-131, 2011.
- COSTA, M.H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J.A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, v. 283, n. 1-4, p. 206-217, 2003
- CURTARELLI, M.P.; RENNÓ, C.D.; ALCÂNTARA, E.H. Evaluation of the Tropical Rainfall Measuring Mission 3B43 product over an inland area in Brazil and the effects of satellite boost on rainfall estimates. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 8, n. 1, p. 083589, 2014.
- DANELICHEN, V.H.M.; MACHADO, N.G.; SOUZA, M.C.; BIUDES, M.S. TRMM satellite performance in estimated rainfall over the midwest region of Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, n. 1, 2013.
- DIAS, G. F. M.; LIMA, A.M.M.; SANTOS, M.N.S; BEZERRA, P.E.S. A relação entre as mudanças na paisagem e a vazão da bacia do Rio Capim, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 14, n. 2, p. 255-270, 2019.
- DODONOV, P.; HARPER, K.A.; SILVA-MATOS, D.M. The role of edge contrast and forest structure in edge influence: Vegetation and microclimate at edges in the Brazilian cerrado. **Plant Ecology**, v. 214, n. 11, p. 1345-1359, 2013.
- FARIA, K.M.S & CASTRO, S.S. Mudanças de uso do solo na Alta Bacia do Rio Araguaia e as relações com as políticas públicas de 1975 a 2010. In: DUTRA e SILVA, S.; PIETRAFESA, J.P.; FRANCO, J.L.A.; DRUMMOND, J.A.; TAVARES, G.G. (Org.). **Fronteira Cerrado: sociedade e natureza no oeste do Brasil**. 1ed.Goiânia: Editora da PUC Goiás, 2013, v. 1, p. 315-330.
- FARIA, K.M.S.; SIQUEIRA, M.N.; CARNEIRO, G.T.; CASTRO, S.S. Análise geocológica da conservação ambiental das sub-bacias do Rio Claro (GO) e do Rio Garças (MT). **Revista Nordestina de Ecoturismo**, Aquidabã, v. 5, n. 1, p. 111-118. 2012.
- FARIAS, S.E.M.; ARANTES, A.E.; FERREIRA JR, L.G.; SANO, E.E.; BARROS, J.R. Avaliação das Estimativas de Precipitação do satélite TRMM para o Estado de Goiás: uma abordagem climatológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, XVI, 2013. Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE: 2013, v. 13, p. 1938-1944.
- FORMAN, R. T.T. **Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- HACKBART, V.C.S. **Serviços ecossistêmicos hídricos em paisagens florestais fragmentadas: um caminho para a conservação da Mata Atlântica**. São Paulo, 2016. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2016.
- HIDROWEB. **Rede Meteorológica Nacional**. 2019. Disp. em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso: 30/10/2019.
- Instituto Mauro Borges (IMB). **IMB efetua mapeamento das barragens de Goiás**. 2019. Disp. em:<https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1603:imb-efetua-mapeamento-das-barragens-de-goi%C3%A1s&catid=8&Itemid=208>. Acesso em: 07/07/2020.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B.A. Conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LATRUBESSE, E.M. & STEVAUX, J.C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. **Revista Geociências-UNGSer**, v. 5, n. 1, p. 65-73, 2006.
- LATRUBESSE, E.M. & STEVAUX, J.C. Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil. **Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband**, n. 129, p. 109-127, 2002.
- LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L.; MORAIS, R.P.; AQUINO, S. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. **Geomorphology**, v. 113, n. 3-4, p. 239-252, 2009.
- MAPBIOMAS – Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil, acessado em 01/05/2020 através do link: <https://mapbiomas.org/>
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Pacific Northwest, Research Station: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1995.
- MORTATTI, J.; JÚNIOR, M.J.B.; MILDE, L.C.E.; PROBST, J.L. Hidrologia dos rios Tietê e Piracicaba: séries temporais de vazão e hidrogramas de cheia. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 12, n. 23, p. 55-67, 2004.
- SANO, E.E.; ROSA, R.; SCARAMUZZA, C.A.M.; ADAMI, M.; BOLFE, E.L.; COUTINHO, A.C.; ESQUERDO, J.C.D.M.; MAURANO, L.E.P.; NARVAES, I.S.; FILHO, F.J.B.O.; SILVA, E.B.; VICTORIA, D.C.; FERREIRA, L.G.; BRITO, J.L.S.; BAYMA, A.P.; OLIVEIRA, G.H.; BAYMA-SILVA, G. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.
- SIQUEIRA, M.N. & FARIA, K. M.S. Análise da dinâmica da paisagem no município de Rio Verde, Goiás, Brasil: uma ferramenta para a escolha de áreas prioritárias para a conservação. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. 1-20, 2019.
- Sistema de Informações Geográficas Ambientais do Estado de Goiás (SIGA GO). **Outorgas cadastradas no CNARH 40 ATÉ 06/08/2020**.2020. Disp. em: <http://siga.meioambiente.go.gov.br/layers/cnarh40:geonode:cnarh40_publico_06_08_2020#more>. Acesso em: 10/08/2020.
- Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG). **Sieg Downloads**.2020. Disp. em:<<http://www.sieg.go.gov.br/siegdo wnloads/>>. Acesso em: 10/08/2020.
- SKORUPA, L.A. Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável. **Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente**, 2003.
- SOUZA, N.S; SOUZA, W.J; CARDOSO, J.M.S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 453-462, 2017.
- STEVAUX, J.C & LATRUBESSE, E.M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. -- (Coleção geográfica; v.3/ organização: Francisco de Assis Mendonça).
- TUCCI, C.E.M. & CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.
- TUCCI, C.E.M. & MENDES, C.A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, Governo Federal, 2006.

*Submetido em 11 de março de 2021
Aceito para publicação em 25 de julho de 2022*