

IMPACTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MARCOS, ALTO PARANAÍBA

Ana Luiza Ferreira Costa Mendes¹; Marcio Ricardo Salla²

ABSTRACT – Hydrological modeling emerged with the need to represent the complex behavior of hydrographic basins, offer support in decision making and minimize water conflicts. The objective of this work was to evaluate the impact of land use and occupation on the hydrological behavior in the São Marcos river basin, using the SWAT tool (Soil and Water Assessment Tool), in addition to calibrating and validating the model for this basin. The simulated average monthly flows were compared and adjusted well to the flows observed in three fluvimetric stations, according to the statistical analysis performed with the parameters R^2 , NSE and PBIAS, from January 2000 to December 2007. Calibration was carried out for the period from October 2010 until December 2013, and presented an overestimated of the data, represented by the negative deviations from the PBIAS statistics. Two scenarios of land use and occupation were analyzed: In the 1st scenario, which considers agricultural growth of 21.4% (replacement of 8.03% of the cerrado by annual agriculture), an increase of 8.07% is observed up to 10, 75% in runoff, compared to the current water regime, confirming that soil exposure and alteration of native vegetation increase runoff peaks; in the 2nd scenario, which considers reforestation by native vegetation over the total area of pasture, there was a reduction of 14.04% to 16.37% in runoff, confirming that there is greater infiltration and water retention in the preserved areas.

Palavras-Chave – São Marcos river, SWAT tool, land use and occupation

RESUMO – A modelagem hidrológica surgiu com a necessidade de representar o complexo comportamento das bacias hidrográficas, oferecer suporte na tomada de decisões e minimizar os conflitos hídricos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do uso e ocupação do solo no comportamento hidrológico na bacia hidrográfica do rio São Marcos, por meio da ferramenta SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*), além de calibrar e validar o modelo para esta bacia. As vazões médias mensais simuladas foram comparadas e ajustaram-se bem às vazões observadas em três postos fluviométricos, de acordo com a análise estatística realizada com os parâmetros R^2 , NSE e PBIAS, no período de janeiro de 2000 até dezembro de 2007. Já a calibração foi feita para o período de outubro de 2010 até dezembro de 2013, e apresentou uma superestimação dos dados, representada pelos desvios negativos da estatística PBIAS. Foram analisados dois cenários de uso e ocupação do solo: No 1º cenário, que considera crescimento agrícola de 21,4% (substituição de 8,03% do cerrado pela agricultura anual), observa-se um aumento de 8,07% até 10,75% no

1) Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Uberlândia, analuiza.fc@hotmail.com, 34 99961-6115

2) Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Uberlândia, marcio.salla@ufu.br, 34 99113-2558

escoamento superficial, em comparação com o regime hídrico atual, confirmando que a exposição do solo e a alteração da vegetação nativa aumentam os picos de escoamento; no 2º cenário, que considera o reflorestamento por vegetação nativa sobre a área total de pastagem, houve redução de 14,04% até 16,37% no escoamento superficial, confirmando que há maior infiltração e retenção de água nas áreas preservadas.

Palavras-Chave – Rio São Marcos, Ferramenta SWAT, Uso e ocupação do solo

1 - INTRODUÇÃO

Dentre os conflitos hídricos mais significativos do Brasil, merece destaque a situação hídrica na bacia hidrográfica do rio São Marcos. Situada nos estados de Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal, a bacia foi ocupada de maneira desordenada pela agricultura irrigada, que ainda tende a crescer, entrando em conflito direto com o setor hidrelétrico, que pleiteava o aproveitamento hídrico não consuntivo para fins hidrelétricos desde a década de 60. Era previsto que a bacia do rio São Marcos, por suas características climáticas, relevo e solo, poderia se transformar, com o uso da agricultura irrigada, em uma das principais regiões produtoras de alimentos do Brasil e que as águas de seus rios poderiam servir à geração de energia hidrelétrica, o que foi confirmado na década de 80 e se consolidou neste século (CBH, 2014). Desde modo, é necessário que haja uma compatibilização de interesse entre estes dois setores, com aplicação de técnicas que solucionem e evitem as tensões e conflitos, fornecendo segurança ao desenvolvimento econômico da região.

Para otimizar o aproveitamento dos recursos hídricos é necessária uma integração entre qualidade e quantidade da água (Salla et al., 2014). A modelagem hidrológica permite realizar simulações, prever cenários e estimar a magnitude dos fenômenos predominantes na bacia, contribuindo para o planejamento dos recursos hídricos e fornecendo suporte para o desenvolvimento de políticas de conservação.

A ferramenta computacional SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) tem se destacado pela ampla utilização em todo o mundo, uma vez que, pode ser aplicada na compreensão de fenômenos hidrológicos, transporte de contaminantes, no impacto do uso do solo, nos processos erosivos e na qualidade da água, entre outros (ARNOLD et al., 1998; GASSMAN et al., 2007; ABBASPOUR et al., 2015; BRIGHENT et al., 2016; ARROIO JUNIOR, 2016; SILVA, 2016). O SWAT trabalha satisfatoriamente em grandes bacias e as versões atuais possuem interface vinculada a técnicas de geoprocessamento (ArcSWAT) que permitiu maior dinamismo e agilidade na organização e uso do modelo (FERRIGO, 2014; SHAIKH, LODHA, 2020).

A ferramenta SWAT foi utilizada neste artigo para avaliar o impacto do uso e ocupação do solo no regime hidrológico da bacia hidrográfica do rio São Marcos, visto que existe um conflito de grandes proporções entre os irrigantes e o setor hidrelétrico.

2 - METODOLOGIA

2.1- Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio São Marcos está localizada na região central do Brasil, abrangendo os Estados de Goiás, Minas Gerais e o Distrito Federal. O rio São Marcos, de domínio federal, define a fronteira entre os estados de Goiás e Minas Gerais, em grande parte de seu curso no limite entre os municípios de Cristalina e Paracatu, respectivamente. Já em seu baixo curso, percorre exclusivamente território goiano, até a confluência com o rio Paranaíba (ver Figura 1).

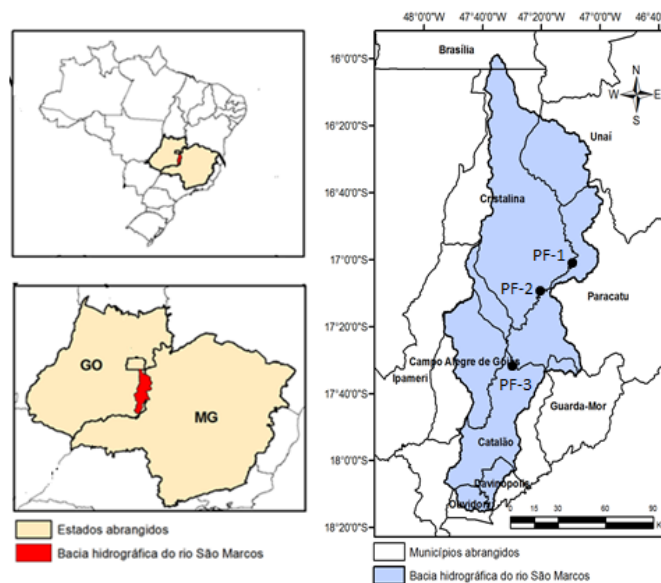


Figura 1 - Divisão político-administrativa da bacia hidrográfica do rio São Marcos (fonte: autoria própria).

A nascente do rio São Marcos se localiza no córrego Samambaia, no Distrito Federal, a uma altitude de aproximadamente 1000 m. A bacia tem o clima tropical quente com verões chuvosos, que compreende os meses de outubro a abril, e invernos secos, de maio a setembro (ANA, 2011). As médias térmicas variam de 19°C a 28°C, com máxima de 37°C e mínima de 0°C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.454 mm, variando entre 1.330 e 1.550 mm, com evapotranspiração anual média de 960 mm (ANA, 2015).

A bacia se destaca na produção agrícola, pastagens, abastecimento humano e industrial, além da geração de energia elétrica. Apresenta forte tendência para a agricultura mecanizada, irrigação por meio de pivôs centrais e uso intensivo de agrotóxicos, com cerca de 1.005 pivôs de irrigação com área total de 87.670 hectares (Guimarães e Landau, 2013). Nas partes mais altas da bacia, nos

municípios de Cristalina/GO, Unaí/MG e Paracatu/MG, onde ocorre à formação de chapadões e vales abertos e suaves, são expressivas as atividades econômicas voltadas à produção agropecuária (Silva e Hora, 2015). Deste modo, as áreas que possuem remanescentes de vegetação nativa estão associadas às regiões com maior declividade do terreno e menor aptidão agrícola.

2.2 - Base de dados

Utilizou-se a versão 2012.10.19 da extensão ArcSWAT, que permite integração com o programa computacional ArcGIS 10.2.2 (SWAT, 2017). A aplicação do SWAT consiste em quatro etapas: delineamento da bacia hidrográfica; formação de Unidades de Resposta Hidrológica (HRU); entrada de arquivos de clima e simulação do modelo, que posteriormente passa pela calibração e validação (SHAIKH, LODHA, 2020).

Com o intuito de representar a heterogeneidade dos sistemas modelados, SWAT exige o Modelo Digital de Elevação (MDE), a base cartográfica de uso e ocupação do solo, o mapa de tipos de solos, os dados climatológicos (precipitação, temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e insolação diária) e os dados hidrológicos da bacia hidrográfica.

O MDE foi utilizado com o objetivo de promover uma representação do relevo da bacia, desta maneira, possibilita calcular as declividades, estabelecer a convergência do escoamento superficial e o mapeamento da rede de drenagem, permitindo a delimitação da bacia. Foram utilizados dados altimétricos provenientes de sensores orbitais fornecidos pelo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizados por INPE (2017c). O MDE passou pelo preenchimento de falhas.

Os dados referentes às características de uso e ocupação do solo foram obtidos junto ao INPE (2017b), divididos em agricultura anual, agricultura perene, água, mineração, mosaico de ocupações, não observado, natural, pastagem, silvicultura, solo exposto e urbano.

A base cartográfica de solos foi obtida junto à EMBRAPA (2017), catalogada em cinco classes de solos, sendo Cambissolo Háplico (CH), Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Neossolo Lítico Distrófico (N) e Plintossolo Pítrico Concrecionário (PT). Como no banco de dados do SWAT não foi encontrada correlação com os solos catalogados para a área de estudo, foi necessária a inserção de informações das características físico-hídricas de cada classe, de acordo com o estudo de Baldissera (2005).

O SWAT possui em seu banco de dados informações sobre as estações climatológicas dos Estados Unidos da América (EUA), sendo necessário inserir manualmente os dados diários e anuais médios para a bacia hidrográfica do rio São Marcos. Os dados climatológicos diários de temperatura máxima e mínima do ar (°C), radiação solar (MJ/m².dia), velocidade do vento (m/s) e umidade relativa do ar (fração) foram obtidos junto ao INPE (2017a). As séries históricas diárias de vazão e

precipitação foram obtidas junto à ANA (2017). As estações fluviométricas/pluviométricas são identificadas por PF-1, PF-2 e PF-3 (Figura 1).

2.3 - Calibração e validação

Para a calibração foram utilizados os dados fluviométricos das estações PF-1, PF-2 e PF-3 para o período de janeiro de 2000 até dezembro de 2007. Este período foi escolhido por não apresentar falhas. Já a validação foi feita no período de outubro de 2010 até dezembro de 2013, após o início de operação da UHE Serra do Facão que, de acordo com Furnas (2017), aconteceu em outubro de 2010. Foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2), a fim de verificar a correlação dos dados simulados e os dados mensurados; o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), utilizado para mensurar a magnitude da variância residual; e o PBIAS, que mede a tendência percentual média dos dados simulados serem maiores ou menores aos correspondentes mensurados.

2.4 - Simulações dos cenários

De acordo com Loyola (2017), o cerrado perdeu cerca de 1,9 milhão de hectares no período de 2013 a 2015, o que representa quase 2% de sua vegetação nativa remanescente, restando pouco menos de 50% do bioma. Portanto, no 1º cenário hidrológico considerou-se o crescimento da agricultura em 21,4% sobre o cerrado, conforme projeção de crescimento para cinco anos da área irrigada (Irrigo, 2017). Isto representa a substituição de 8,03% do cerrado por agricultura anual.

No 2º cenário considerou-se a substituição total da área coberta por pastagens pela vegetação natural, ou seja, 21,62% que representava o uso de pastagens foram completamente substituídos pelo cerrado. De acordo com Oliveira et al. (2020), no cerrado, uma significativa parcela de pastagens encontra-se degradada, por efeito das ações antropogênicas, deste modo, este cenário permitiu analisar como a conversão de vegetação de cerrado em pastagens cultivadas deve ser feita de maneira ponderada.

3 – RESULTADOS

3.1 – Dados de entrada

A bacia hidrográfica do rio São Marcos, resultante da delimitação, constitui uma área de 12.142 km². De acordo com o MDE gerado, a bacia possui uma superfície bastante heterogênea, com um relevo variando de plano e ondulado a acidentado e montanhoso. As áreas planas, localizadas nas partes mais altas da bacia, são as mais importantes economicamente, pois é onde se desenvolve grande parte da agricultura irrigada. As altitudes na bacia variam de 669 m, na foz do rio São Marcos, até 1.254 m, no Domo de Cristalina, que é o ponto mais alto, localizado no município de Cristalina-GO.

Foi necessária a compatibilização dos tipos de uso e ocupação do solo da base cartográfica gerada com a tipologia integrada ao banco de dados do SWAT, pois o modelo possui uma base de dados referente a bacias estudadas nos EUA, que muitas vezes não se adequam a outras realidades. Os valores dos parâmetros inseridos no banco de dados foram obtidos por meio da compilação de dados de diferentes trabalhos realizados no Bioma Cerrado, tentando-se manter o maior nível de similaridade possível em relação à estrutura e fisionomia das classes. O uso e ocupação do solo para a situação atual é de 37,55% para agricultura anual, 0,98% para agricultura perene, 3,25% para corpos hídricos, 0,01% para mineração, 0,10% para ocupação urbana, 33,67% para solo nativo, 21,62% para pastagem, 2,66% para silvicultura, 0,11% para solo exposto e 0,05% para uso não caracterizado. Para o banco de dados de solo adicionou-se manualmente as características físicas do solo e posteriormente reclassificaram-se os padrões tipológicos.

3.2 - Calibração e validação

Os valores utilizados na calibração foram determinados por tentativa e erro, alterando os seis parâmetros mais sensíveis, resultando em: SOL_AWC (capacidade de armazenamento de água no solo) igual a 0,02 mm, ALPHA_BF (Constante de recessão do escoamento de base) igual a 0,5 dias, GWQMN (Nível limite de água no aquífero raso para que ocorra fluxo de base) igual a 100 mm, GW_REVAP (Coeficiente de ascensão da água à zona saturada) igual a 0,1, ESCO (Fator de compensação da evaporação do solo) igual a 0,3 e CN2 (Curva número do método SCS para cálculo do escoamento superficial) igual a 0,012.

A análise estatística mostrou desempenho ótimo no processo de calibração e validação hidrológica, conforme classificação feita por Almeida et al. (2018), em que o modelo é considerado ótimo se $0,75 < R^2 < 1,00$; $0,75 < NSE < 1,00$; $|PBIAS| < 10$. Na Tabela 1 verifica-se os valores de R^2 , NSE e PBIAS obtidos para cada PF, os valores médios e comparativos com outros trabalhos.

Apesar dos valores negativos de PBIAS configurarem superestimação para os valores simulados, $|PBIAS| < 10$ mostra que o processo de calibração e validação teve desempenho muito bom.

Autor	Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Posto	Calibração			Validação		
				R ²	NSE	PBIAS	R ²	NSE	PBIAS
	Rio São Marcos		PF - 1	0,840	0,824	-1,637	0,888	0,770	-6,010
			PF - 2	0,860	0,844	-1,386	0,818	0,740	-2,700
			PF - 3	0,843	0,757	-7,727	0,835	0,760	-1,230
			Média	0,848	0,808	-3,583	0,847	0,757	-3,313
Shaikh e Lodha (2020)	Hathmati (Índia)	1574,00		-	0,89	-	-	0,89	-
Ismail et al. (2020)	Rio Bernam (Malásia)	-		0,67	0,62	-5,4	0,64	0,61	-4,2
Martins et al. (2020)	Ribeirão do Pinhal-SP (Brasil)	233,52	Média	-	0,64	15,2	-	0,68	-2,8
Alvarenga et al. (2020)	Rio Verde-MG (Brasil)	4100,00		0,873	0,861	0,45	0,843	0,814	-8,29
Andrade e Ribeiro (2020)	Rio Paraíba do Sul-MG/SP/RJ (Brasil)	62,074		0,873	0,853	4,067	0,87	0,847	-2,3
Ferreira e Souza (2020)	Rio Brígida-PE (Brasil)	13495,73		0,92	0,92	0,6	-	-	-

Tabela 1 – Valores estatísticos para cada PF e valores comparativos (fonte: autoria própria).

3.3 - Cenários analisados

A Figura 2 traz as influências dos cenários sobre o regime hídrico nas estações fluviométricas PF-1, PF-2 e PF-3.

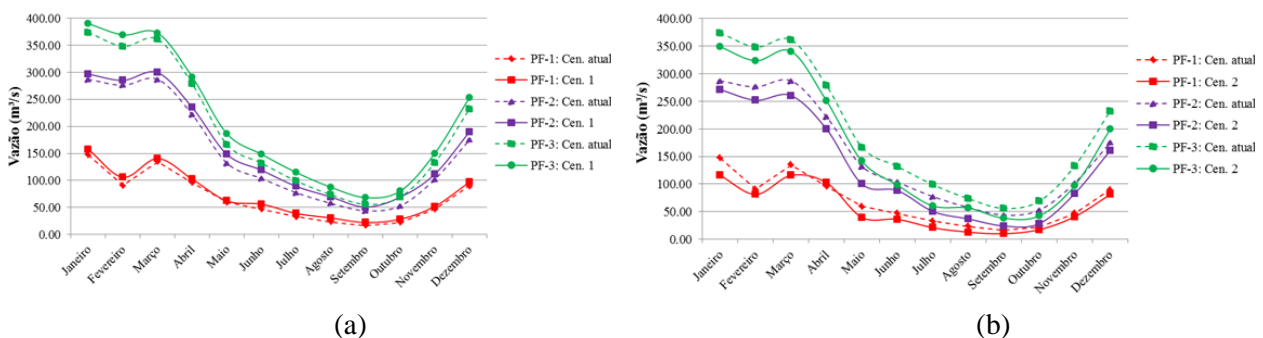


Figura 2 - Influências do 1º cenário (a) e 2º cenário (b) sobre o regime hídrico nas estações fluviométricas PF-1, PF-2 e PF-3 (fonte: autoria própria).

O 1º cenário representa as mudanças no regime hidrológico devido à provável expansão agrícola, com crescimento de 21,4% da agricultura anual sobre o cerrado após cinco anos. Houve um aumento da agricultura anual de 37,55% para 45,58% e uma redução do solo natural (cerrado), de 33,67% para 25,64%. Em comparação com a situação atual de uso e ocupação do solo, o 1º cenário trouxe um aumento de vazão média de 10,75% em PF-1, 8,07% em PF-2 e 8,17% em PF-3

(ver Figura 2a). O período chuvoso tem início no mês de novembro e finaliza em abril e maio. De modo geral, percebe-se um aumento, pouco expressivo, nos valores de vazão, que pode ser explicado pela menor capacidade de infiltração da água no solo após a substituição do cerrado por agricultura, mas ao mesmo tempo, há uma maior interceptação da chuva pela cobertura vegetal das culturas e aumento na evapotranspiração.

É importante destacar que, durante certos períodos do ano, o solo destinado à agricultura permanece exposto, com o intuito de prepará-lo para receber as culturas. Nestes períodos, como o solo fica sem a proteção da cobertura vegetal, os valores do escoamento superficial são aumentados, provocando a lixiviação do solo e, segundo Oliveira (2014), potencializa a erosão da área exposta. Ainda de acordo com Oliveira (2014), quando se remove a vegetação natural, se reduz a capacidade do solo de absorver a chuva e se retira a camada de matéria orgânica e folhas mortas (esta camada reduz o impacto das gotas de chuva e facilita a entrada de água no solo). Segundo Bertani (2014), existe uma relação direta entre a expansão agrícola e o aumento do escoamento superficial.

O 2º cenário representa as mudanças no regime hidrológico devido ao reflorestamento com vegetação nativa, no caso o cerrado, em substituição às áreas que atualmente são destinadas à pastagem. A área de 21,62% que era destinada à pastagem foi completamente reflorestada por vegetação natural, esta última passou de 33,67% para 55,29%. A cobertura tipo pastagem tem menor taxa de evapotranspiração e não favorece a interceptação e a infiltração de água no solo, deste modo, quando a mesma é substituída pela vegetação natural da região, obtém-se uma redução do escoamento superficial. Em comparação com a situação atual de uso e ocupação do solo, o 2º cenário trouxe uma diminuição da vazão média de 16,37% em PF-1, 14,43% em PF-2 e 14,04% em PF-3 (ver Figura 2b).

Na modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Lajeado dos Fragosos, Santa Catarina, Blainski et al. (2010) utilizaram o reflorestamento com vegetação nativa em substituição às áreas agrícolas e de pastagem, e obtiveram valores coerentes com o presente estudo, sempre apresentando reduções no escoamento superficial da área analisada. Silva (2013) também obteve diminuições do escoamento superficial quando simulou cenários de reflorestamento na bacia de Ribeirão das Poses, em Minas Gerais. De acordo com Larson et al. (1997) e Machado et al. (2003), quando o escoamento superficial passa de uma área cultivada para a área ocupada com vegetação nativa, ocorre diminuição na velocidade do fluxo pela rugosidade superficial, bem como maior resistência da vegetação.

4 - CONCLUSÕES

Durante a etapa de construção do banco de dados foram encontradas muitas dificuldades no levantamento das séries históricas para os postos fluviométricos, pluviométricos e também climatológicos. As falhas e inconsistências de dados restringem a amplitude e quantidade destas séries. Com a utilização de mais estações, os parâmetros climáticos da bacia seriam melhores representados e possivelmente uma simulação mais condizente com a realidade poderia ser obtida.

Os dois cenários hipotéticos implementados apresentaram resultados esperados, com alterações preocupantes no regime hidrológico. De uma forma geral, conciliar o desenvolvimento econômico e a produção de alimentos com a conservação do cerrado é um dos grandes desafios do país que, especificamente na bacia hidrográfica do rio São Marcos, requer cautela nas tomadas de decisão de uso e manejo do solo.

BIBLIOGRAFIA

- ABBASPOUR, K. C.; ROUHOLAHNEJAD, E.; VAGHEFI, S.; SRINIVASAN, R.; YANG, H.; KLOOVE, B. (2015). "A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: calibration and uncertainty of a high-resolution large scale SWAT model". *Journal Hydrology*, v. 524, p. 733-752.
- ALMEIDA, R. A.; PEREIRA, S. B., PINTO, D. B. (2018). "Calibration and validation of the SWAT hydrological model for the mucuri river basin". *Engenharia Agrícola*, v. 38, n. 1, p. 55-63.
- ALVARENGA, L. A.; CARVALHO, V. S. O.; OLIVEIRA, V. A.; MELLO, C. R.; COLOMBO, A.; TOMASELLA, J.; MELO, P. A. (2020). "Hydrological simulation with SWAT and VIC Models in the Verde Rvier Watershed, Minas Gerais". *Ambiente e Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 15, n. 1.
- ANA. Agência Nacional das Águas. (2011). "Diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Paranaíba". Brasília: Cobrape, Revisão 2 (Parte A).
- ANA. Agência Nacional das Águas. (2015). "Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Regiões Hidrográficas Brasileiras". Brasília, 163 p. Edição Especial.
- ANA. Agência Nacional das Águas. (2017). "Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - Séries históricas de estações". Brasília.
- ANDRADE, M. P.; RIBEIRO, C. B. M. (2020). "Impacto das alterações do uso e cobertura do solo na vazão da bacia do rio Paraíba do Sul utilizando o modelo SWAT". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 25, e. 12.
- ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. (1998). "Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development". *Journal of the American Water Resources Association*, v. 34, n. 1, p. 73-89.
- ARROIO JUNIOR, P. P. (2016). "Aprimoramento das rotinas e parâmetros dos processos hidrológicos do modelo computacional soil and water assessment tool – SWAT". Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo.
- BALDISSERA, G.C. (2005). "Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool), para a bacia hidrográfica do rio Cuiabá/MT". Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso.

- BERTANI, G. (2014). *"Influência da expansão agrícola no escoamento superficial e na produção de sedimentos no cerrado do meio norte do Mato Grosso"*. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- BLAINSKI, E.; GARBOSSA, L.H.P.; MALUTA, S. (2010). *"Aplicação do modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para a simulação da perda de solo e da disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica não instrumentada"* in Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, CE.
- BRIGHENTI, T. M.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. (2016). *"Calibração hierárquica do modelo swat em uma bacia hidrográfica Catarinense"*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 1, p. 53-64.
- CBH. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba. (2014). *"Subsídios para a discussão da compatibilização da geração de energia hidrelétrica com expansão da agricultura irrigada na bacia do rio São Marcos"*. Brasília.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. (2017). *"Soma Brasil – Sistema de observação e monitoramento da agricultura no Brasil"*. Brasília.
- FERREIRA, P. S.; SOUZA, W. M. (2020). *"Modelagem hidroclimática e demográfica para estimativa da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Brígida"*. Revista Brasileira de Climatologia, v. 27, p. 181-196.
- FERRIGO, S. (2014). *"Análise de consistência dos parâmetros do modelo SWAT obtidos por calibração automática: estudo de caso da bacia do Lago Descoberto – DF"*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, Brasília.
- FURNAS. (2017). *"Sistema furnas de geração e transmissão"*. Rio de Janeiro.
- GASSMAN, P. W.; REYES, M. R.; GREEN, C. H.; ARNOLD, G. (2007). *"The Soil and Water Assessment Tool: Historical development, applications, and future directions"*. Transactions of the ASABE, v. 50, n. 4, p. 1211- 1250.
- GUIMARÃES, D.P.; LANDAU, E.C. (2013). *"Caracterização da bacia hidrográfica do rio São Marcos"* in Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, RS, Nov 2013.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2017a). *"Banco de dados meteorológicos"*. Brasília.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2017b). *"Projeto TerraClass Cerrado: Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado"*. Brasília.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2017c). *"Banco de dados geomorfométricos do Brasil"*. Topodata. Brasília.
- IRRIGO. (2017). *"Uso de água para irrigação passa a ser prioridade para liberação de outorgas na Bacia do Rio São Marcos"*. Associação dos Irrigantes do Estado de Goiás, Goiás.
- ISMAIL, H.; KAMAL, M. R.; HIN, L. S.; ABDULLAH, A. F. (2020). *"Performance of HEC-HMS and ArcSWAT models for assessing climate change impacts on streamflow at Bernam river basin in Malaysia"*. Pertanika Journals Science & Technology, v. 28, n. 3, p. 1027-1048.
- LARSON, W.E.; LINDSTROM, M.J.; SCHUMACHER, T.E. (1997). *"The role of severe storms in soil erosion: a problem needing consideration"*. Journal of Soil and Water Conservation, v. 52, n. 2, p. 90-95.
- LOYOLA, R. (2017). *"Uma visão otimista para o futuro do Cerrado"*. Colunas. OECO.
- MACHADO, R.E.; VETTORAZZI, C.A.; XAVIER, A.C. (2003). *"Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento"*. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 27, n. 4, p. 727-733.

- MARTINS, L. L.; MARTINS, W. A.; MORAES, J. F. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARIA, I. C. (2020). *“Calibração hidrológica do modelo SWAT em bacia hidrográfica caracterizada pela expansão do cultivo da cana-de-açúcar”*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 02, p. 576-594.
- OLIVEIRA, P.T.S. (2014). *“Water balance and soil erosion in the Brazilian Cerrado”*. Tese Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- OLIVEIRA, E. R.; SILVA, J. R.; BAUMANN, L. R. F.; MIZIARA, F.; FERREIRA, L. G.; MERELLES, L. R. O. (2020). *“Tecnologia e degradação de pastagens na pecuária no Cerrado brasileiro”*. Sociedade e natureza, v. 32, p. 626-638.
- SALLA, M.R.; ARQUIOLA, J.P.; SOLERA, A.; ALVAREZ, J.A.; PEREIRA, C.E.; ALAMY FILHO, J.E.; OLIVEIRA, A.L. (2014). *“Integrated modeling of water quantity and quality in the Araguari River watershed, Brazil”*. Latin American Journal of Aquatic Research, v. 42, p. 224-244.
- SHAIKH, M. M.; LODHA, P. P. (2020). *“Assessment of Hydrological Parameters of the Watershed using ArcSWAT”*. International Journal of Recent Technology and Engineering, v. 9, p. 599-602.
- SILVA, J.M. (2013). *“O serviço ambiental hidrológico das áreas de proteção permanente: um estudo de caso com modelagem numérica em pequena escala na bacia do Rio Piracicaba”*. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, L.M.C.; HORA, M.A.G. (2015). *“Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio São Marcos: o estudo de caso da UHE Batalha”*. Engevista, v. 17, n. 2, p. 166-174.
- SILVA, F. D. M. (2016). *“Aplicabilidade do modelo SWAT na simulação de vazão em bacia hidrográfica do Cerrado utilizando valores de parâmetros regionalizados”*. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Brasília, Brasília.
- SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL – SWAT (2017). Disponível em: <<http://swat.tamu.edu/>>.