

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – IDENTIFICANDO ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA SERVIÇOS HIDROLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE – GOIÁS

Data de aceite: 03/07/2023

Mariane Rodrigues da Vitória

Universidade Federal de Goiás, Goiânia,
Goiás

Klaus de Oliveira Abdala

Universidade Federal de Goiás, Goiânia,
Goiás

RESUMO: Este artigo analisa a modelagem de serviços ecossistêmicos hidrológicos na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite em Goiás. Para tal foi utilizado os modelos InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs), ferramenta que integra métodos conceituados da literatura científica, como a equação universal da perda de solo (USLE) e o sistema solo-agua-atmosfera-planta (SWAP), dentre outros, a fim de simular o fluxo de sedimentos em três cenários anterior, durante e posterior ao Programa Produtor de Águas – Ribeirão João Leite (2009, 2011 e 2017). Através do modelo InVEST foi possível identificar as sub-bacias que apresentaram maior produção e exportação de sedimentos, ao longo dos cenários. Sendo a modelagem hidrológica uma importante ferramenta na identificação dos tradeoffs de uma política ambiental.

PALAVRAS-CHAVE:

Modelagem hidrológica, USLE, Bacia hidrográfica.

ABSTRACT: This article analyzes the modeling of hydrological ecosystem services in the Ribeirão João Leite watershed in Goiás. For this purpose, the InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) models were used, a tool composed of well-regarded methods from the scientific literature, such as the universal equation of soil loss (USLE), in order to simulate the sediment flow in three scenarios before, during and after the Water Producer Program – Ribeirão João Leite (2009, 2011 and 2017). Through the InVEST model, it was possible to identify the sub-basins that presented greater production and export of sediments, along the scenarios. Hydrological modeling is an important tool in identifying tradeoffs.

KEYWORDS: Hydrological Modeling, USLE, Hydrographic Basin.

1 | INTRODUÇÃO

A água é elemento essencial para a existência e para o desenvolvimento dos seres vivos. Ela exerce influência direta no comportamento cotidiano da população e

até nas estratégias de desenvolvimento das sociedades (Mazoyer; Roudart, 2008). Além de catalisadora do desenvolvimento econômico e social, a água também é capital natural e, portanto, elemento essencial para a produção de serviços ecossistêmicos (Costanza, 2003). Devido à sua condição de essencialidade à produção da existência, a água constitui, ainda, um dos maiores desafios de nossa época, protagonizando diversas formas de conflito, a depender de sua disponibilidade e localização geográfica. Segundo Rebouças (2004), durante milênios, a água doce foi considerada um recurso infinito, entretanto, o aspecto contraditório dessa realidade encontra-se na distribuição desse recurso.

A água vem se tornando um recurso geopolítico estratégico em função das utilidades vitais (JARDIM, 2011). Mesmo com a reconhecida importância ecológica, econômica e social, esse recurso tem se tornando cada vez mais escasso nos últimos anos (LANNA, 2008). Parte desse problema se deve à diferentes níveis de precariedade no planejamento e gestão das bacias hidrográficas, materializando-se no uso indiscriminado dos recursos hídricos, no desmatamento de nascentes e na poluição dos rios e lagos (TUNDISI, 2005). Nesse sentido, uma diversidade de propostas de programas de gerenciamento de bacias hidrográficas, incluindo gerenciamento integrado destas bacias, e até o pagamento por serviços ambientais, estão emergindo como possíveis mitigadores destes conflitos (BREMER, AUERBACH, ET AL., 2016; SALZMAN ET AL., 2018, BREMER, 2019).

O Ribeirão João Leite é um dos três principais mananciais de abastecimento de água da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, esse corpo hídrico vem sendo degradado ao longo dos anos, principalmente devido ao inadequado uso do solo, ocupação desordenada e redução da cobertura vegetal (NASCIMENTO, 1998).

Assim, a preservação desse corpo hídrico passa pela compreensão de que sua existência está relacionada a uma complexa rede de interações ecológicas responsável pela produção de funções ecossistêmicas. Essas funções são fundamentais para a manutenção do bem-estar da sociedade, uma vez que são responsáveis pela criação de um conjunto de bens e utilidades às comunidades usuárias. Dentre estes bens, podemos destacar os serviços ecossistêmicos de provisão, que são os produtos obtidos dos ecossistemas (alimentos, água, fibras, recursos genéticos), os serviços de regulação, que são os benefícios obtidos pela regulação de processos ecossistêmicos (regulação do clima, regulação hídrica e controle de doenças) e os serviços culturais, que podem ser definidos como o aumento da área verde (ARAÚJO, 2018).

Neste sentido, melhorar a qualidade, a quantidade produzida e a regularidade da água, por meio da redução de sedimentos carreados aos corpos hídricos em bacias hidrográficas degradadas por atividades agrícolas – caso da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, são importantes objetivos políticos, por se tratar de um bem público.

Quando iniciativas antrópicas são responsáveis pela manutenção, produção ou regulação de funções ecossistêmicas, tais iniciativas são denominadas na literatura, serviços ambientais (Garcia; Romeiro)

Assim, várias ações e projetos e instrumentos têm sido implantados no Brasil e no mundo, a fim de estimular a produção de serviços ambientais visando mitigar o cenário de degradação ambiental através de políticas públicas agroambientais. Um desses instrumentos que tem se destacado na gestão em recursos hídricos é denominado Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Exemplo disto é o Programa Produtor de Águas (PPA) da Agência Nacional de Águas (ANA), que tem como objetivo a redução de processos erosivos em áreas agrícolas e a recuperação de mananciais (ANA, 2009). Ainda de acordo com a ANA, tal programa parte de um modelo de tomada de decisão que leva em consideração os diversos aspectos econômicos, sociais e ambientais na área de interesse, utilizando instrumentos de mercado para produzir estímulos positivos no comportamento dos agentes responsáveis pelas alterações das funções ecossistêmicas.

Além da recuperação da área degradada, tal ação traz como vantagem a compensação por essa terra que fica ociosa (além dos benefícios ambientais, como a melhora da qualidade do solo e, conseqüentemente, o aumento na produção de água). Essas vantagens beneficiam desde o produtor – que não arca com nenhum custo para a implantação do Programa– à população, como o caso da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), a qual faz uso da água de abastecimento da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite.

2 | METODOLOGIA

2.1 Localização e caracterização da área de estudos

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHJL) (Figura 1). O Ribeirão João Leite é um dos três mananciais de abastecimento de água da cidade de Goiânia (NASCIMENTO, 1998). A BHJL abrange os municípios de Campo Limpo de Goiás, Ouro Verde de Goiás, Terezópolis de Goiás, Nerópolis, Anápolis, Goianápolis e Goiânia (SOUSA, 2013). Ocupando uma área de cerca de 761 km² (76.100 hectares), o reservatório possui uma área de 14 Km² de espelho d'água, recentemente incorporado ao sistema de captação de Goiânia, que antes não respondia à demanda de água exigida pela metrópole em franca expansão.

interesse para a gestão de reservatórios – que tem como objetivo desde a qualidade até a quantidade de água disponível para consumo – além de fornecer parâmetros que podem ser economicamente valorados.

As saídas do modelo de sedimentos incluem a carga de sedimentos enviada à corrente em uma escala de tempo anual (Figura 3), bem como a quantidade de sedimentos erodidos na bacia e retidos pela vegetação, bem como suas características topográficas. Deve-se ter em mente que o modelo gera apenas resultados biofísicos, a partir dos quais é possível atribuir outras escalas de valores, como o econômico, social, político, etc.

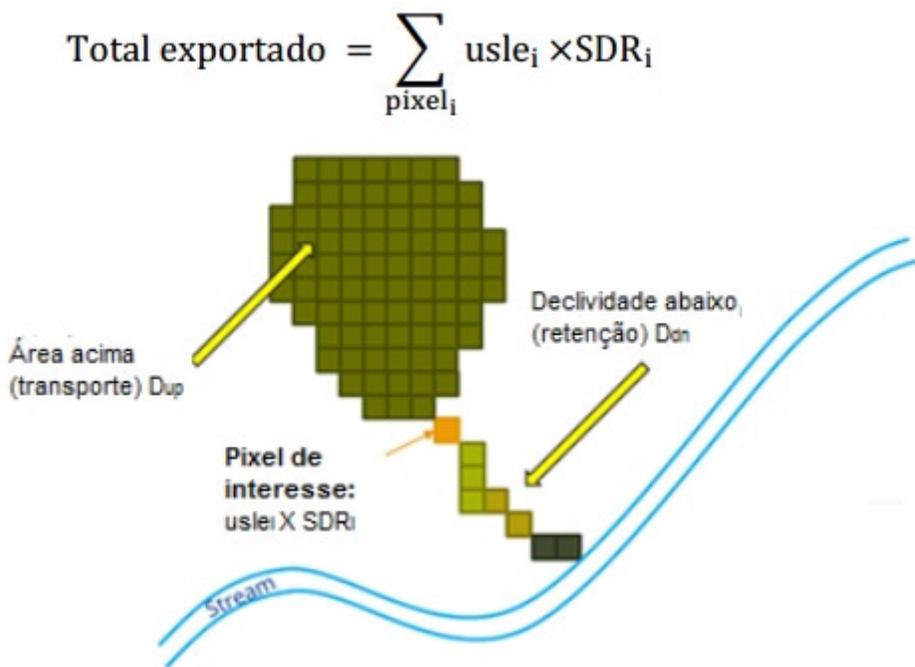


Figura 2: Abordagem conceitual proposta por Borselli et al., (2008), utilizada no modelo de exportação de sedimentos.

Fonte: SHARP et al., (2016).

A perda de solo anual no pixel i , é obtida por meio da equação universal de perda de solo (USLE_i), conforme a Equação 1 (SHARP et al., 2015).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{Equação 1}$$

Sendo,

A = perda de solo, em [ton.(ha..ano)⁻¹]; R = fator erosividade da chuva, em [(MJ. mm). (ha. h. ano)⁻¹]; K = fator erodibilidade do solo, em [(ton. h.). (MJ..mm)⁻¹]; LS = fator topográfico, integração do fator L , comprimento de rampa, e o fator S , declividade [adimensional]; C = fator uso e manejo do solo [adimensional]; e P = fator práticas conservacionistas [adimensional].

2.3 Dados de entrada (Sediment delivery model – SDR)

Diferente de outros modelos o InVEST requer um número baixo de parâmetros e habilidades de modelagem relativamente baixas (HAMEL,2020). Os dados de entrada utilizados para o estudo foram escolhidos de acordo com o requerido pela interface do InVEST versão 3.2.2. Para o modelo SDR, os dados de entrada foram (Tabela 1):

DADOS DE ENTRADA	FORMATO	FONTE	DESCRIÇÃO
Modelo Digital de Elevação (MDE)	Raster	Earth Explorer	Mapa raster com o valor de elevação para cada célula.
Índice de Erosividade da Chuva (R)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor do índice de erosividade para região (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹).
Erodibilidade do Solo (K)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor de erodibilidade (Mg ha h MJ ⁻¹ mm ⁻¹) para cada tipo de solo.
Uso e Cobertura do Solo	Raster	MapBiomas	Mapa raster com os usos e coberturas da região de estudo.
Bacias Hidrográficas de Interesse (Watersheds)	Shapefile	Elaborado pela autora	Mapa com a delimitação das sub-bacias hidrográficas, que serão analisadas quanto à produção e retenção de sedimentos para um determinado ponto de interesse.
Tabela Biofísica C/P	Arquivo CSV	Literatura específica	Tabela com os usos e coberturas dos solos com seus respectivos fatores relativos ao potencial de retenção de sedimentos e referidas práticas conservacionistas.

Tabela 1: Relação de dados a serem inseridos no software InVEST para a predição, produção e retenção de sedimentos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos dados de entrada anteriores o modelo requer alguns parâmetros de calibração que são a relação máxima do aporte de sedimento ($SDR_{máx}$), os fatores de calibração k e IC0 e o limite de acumulação de fluxo (Threshold flow accumulation).

Segundo Zanella (2016) e Maidment (2002), no caso de MDE, com células de dimensões de 30 metros, o valor típico para o Threshold flow accumulation é de 5000.

Em relação aos fatores k e IC0, foram utilizados valores conforme indicados por Vigiak et al., (2012), Jamshidi et al., (2013) que adotaram IC0 de 0,5 e k de 2, os autores afirmaram que estes valores foram os ideais para a calibração, com coeficiente de eficiência do modelo da ordem de 97%.

Já a relação do aporte de sedimento máxima ($SDR_{máx}$) corresponde ao valor máximo que uma célula pode atingir em função da textura do solo, foi aplicado seu valor padrão de 0,8 – principalmente quando não existem estudos detalhados do transporte de sedimento da região de interesse Natural Capital Project, 2020¹.

¹ <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo, estimou inicialmente a quantidade de sedimento erodido (USLE_e), em seguida, o sedimento exportado (SDR_e) que é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório da bacia.

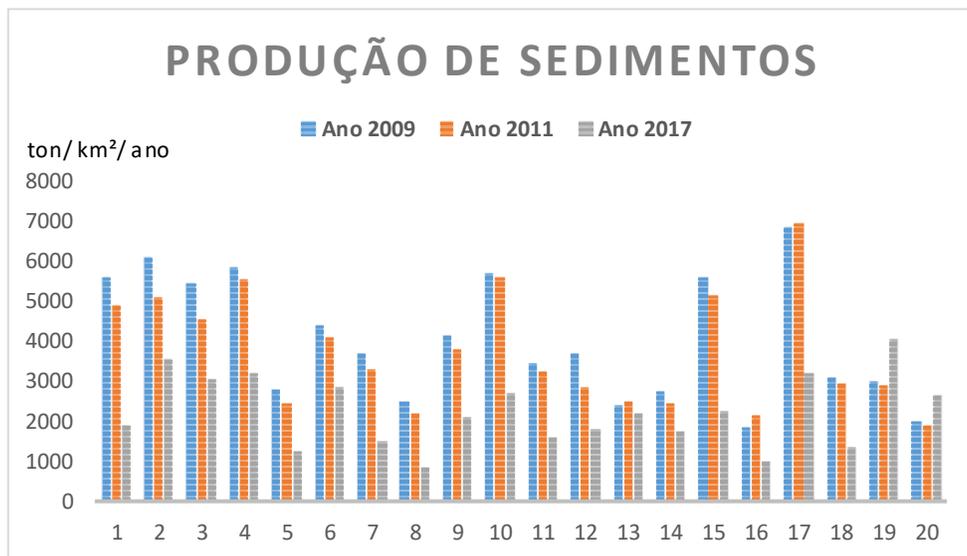


Figura 3: Estimativa de produção de sedimentos (USLE), por microbacia.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

De acordo com a classificação realizada durante o trabalho a classe de maior representatividade na bacia hidrográfica foi a pastagem (39,16%) seguida de área de floresta (29,67%) e por fim agricultura (15,32%) perímetro urbano (3,31%) e rios (1,88%).

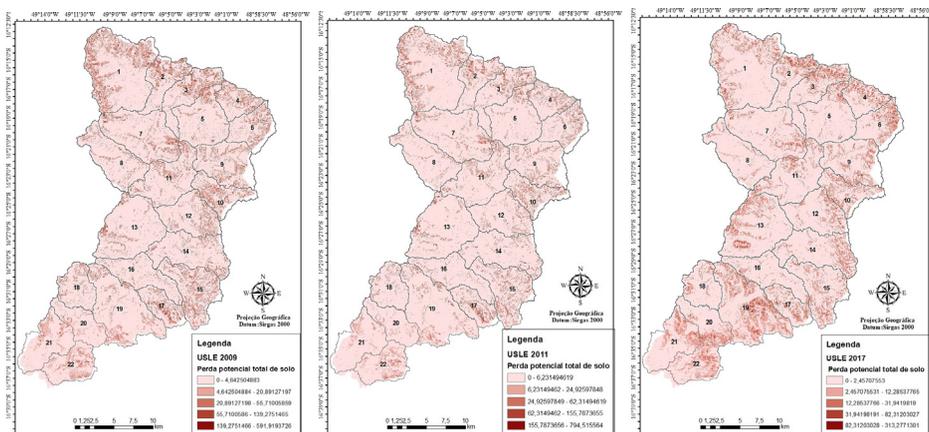
A pastagem apresenta um papel importante no planejamento ambiental para fins de controle de erosão, fornecendo boa proteção ao solo contra processos erosivos, desde que não esteja degradada. Sendo o ressemeio periódico da área, correção de solos e adubação, práticas recomendáveis para manter a pastagem com densidade de cobertura capaz de assegurar suporte para o gado e garantir a presença desse fundamental escudo natural (PRUSKI et al., 2009).

Áreas de floresta, por sua vez, protegem o solo e captam a água da chuva, facilitando o processo de infiltração pela passagem lenta por seus ramos, troncos e raízes, melhorando a recarga do lençol freático (KAZAY, 2014).

Com o objetivo de assegurar a qualidade da água no manancial, a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, foi transformada em uma Área de Preservação Ambiental (APA), pelo decreto nº 5.709, o que arbitrou à área, composta majoritariamente por propriedades privadas, uma série de restrições à utilização das terras, principalmente no que diz respeito

ao parcelamento do solo, irrigação e utilização de agrotóxicos (SEMARH, 2007). Assim a bacia, agora gerenciada pelo plano de manejo da APA, tem como um dos objetivos principais conter a poluição do solo e dos recursos hídricos por meio da restrição do uso de agrotóxicos. Porém, as terras pertencentes à bacia desempenham importante papel no abastecimento de hortifruti na Grande Goiânia respondendo, em 2010, por cerca de 35% da oferta destes itens, além de ser região tradicionalmente utilizada para pecuária, sendo coberta por extensas áreas de pastagens (SOUSA, 2013).

Além das estimativas quantitativas, o modelo também disponibilizou produtos cartográficos, possibilitando uma inspeção visual de possíveis pontos de intervenção (Figuras 4,5 e 6).



Figuras: 4-5-6 - Identificação de possíveis áreas prioritárias modelo SRD InVEST cenários (2009,2011,2017).

Fonte: Autores.

De acordo com a EMATER-GO, pretende-se implantar o Programa Produtor de Água Ribeirão João Leite, em toda a sua extensão, com uma média de 700 produtores rurais aderindo ao programa, porém, devido ao alto custo relativo ao financiamento do programa, a alternativa seria a priorização das sub-bacias que apresentassem maior grau de degradação. Desta forma, modelos hidrológicos poderiam contribuir na identificação dos tradeoffs, ou seja, a definição de uma situação de escolha conflitante, isto é, quando uma ação econômica visa à resolução de determinado problema e acarreta outros (CALLAN & THOMAS, 2013). Como exemplo, a conversão de áreas naturais, com fins econômicos em detrimento à provisão de serviços ecossistêmicos dessas áreas convertidas e adjacentes. Além disso, permite gerar estimativas e análises de escala “sustentável”, “possível” ou “aceitável” de uso dos recursos naturais. Essas informações podem fornecer subsídios para uma gestão mais adequada do capital natural em contexto de bacias hidrográficas,

uma vez que permitem identificar as áreas provedoras e beneficiadas pelos serviços ecossistêmicos (GARCIA e ROMEIRO, 2013; AZEVEDO, 2017).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo exploramos a modelagem hidrológica como ferramenta de tomada de decisão em projetos de PSA hidrológico, como o Programa Produtor de Águas Ribeirão João Leite,. Estudos que indiquem áreas prioritárias para as intervenções, ou seja, aquelas que estão mais suscetíveis à erosão hídrica e ao transporte de sedimentos para o corpo hídrico, são de extrema importância para a validação e continuidade de programas de gestão hídrica, uma vez que a eficiência do uso dos recursos públicos é um dos princípios que regulamentam tais serviços.

De acordo com a ANA(ano?) um dos grandes desafios de projetos, como o Produtor de Águas, é a captação de fontes de financiamento para PSA, além da validação dos resultados do projeto. Desta forma, há uma demanda crescente por modelos hidrológicos que possam fornecer informações de forma simples e acreditadas e que permitam análises econômicas. Este trabalho utilizou o modelo InVEST para estimar o fluxo de sedimentos em diferentes cenários (2009, 2011, 2017), a fim de analisarmos a resposta do modelo frente as práticas conservacionistas.

Desta forma, a modelagem executada foi capaz de demonstrar alterações na perda de solo ao longo dos cenários, permitindo auxiliar em um melhor entendimento das relações entre uso do solo e qualidade dos recursos hídricos na bacia em estudo.

Porém, se reconhece uma fragilidade acerca da estimativa da perda de solo, já que o presente trabalho não envolveu uma calibração explícita. Sendo a validação do modelo sugerido como tema de trabalho futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Programa Produtor de Água**. Manual operativo. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. WEBINAR ANA - **Programa Produtor de Água: Desafios e Perspectivas**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=8xUkkGvBYJw>>. Acesso em: maio. 2020.

ALVES Ferreira Júnior, Wilton. **Consórcio intermunicipal da APA do ribeirão João Leite**. 2014.

ARAÚJO, Isailma da Silva. **Identificação e valoração de serviços ecossistêmicos no Parque das Dunas**, Natal-RN. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

BORSELLI, L., Cassi, P., Torri, D., 2008. **Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment**. Catena 75, 268–277.

- BREMER, L. L., Auerbach, D. A., Goldstein, J. H., Vogl, A. L., Shemie, D., Kroeger, T., et al. (2016). **One size does not fit all: Natural infrastructure investments within the Latin American water funds partnership**. Ecosystem Services, 17.
- BREMER, Leah L. et al. **Who are we measuring and modeling for? Supporting multi-level decision-making in watershed management**. Water Resources Research, p. e2019WR026011, 2019.
- BIDDLE, J. C. (2017). **Improving the effectiveness of collaborative governance regimes: Lessons from watershed partnerships**. Journal of Water Resources Planning and Management, 143(9), 1–12.
- BUMA, Eni Liudmiliza Leite et al., **Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia hidrográfica Ribeirão João Leite, por metodologias moleculares**. 2017.
- CARVALHO, C. E. (2005). **Desenvolvimento de Procedimentos e Métodos para Mensuração e Incorporação das Externalidades em Projetos de Energia Elétrica: uma aplicação às Linhas de Transmissão Aéreas**. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.
- CONCEIÇÃO, José Roberto da. **Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso bacia do Passaúna**. 2017.
- COSTA, Ana Lúcia Carneiro da. **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING**. 2005.
- CHAVES, H. M. L. **Avaliação econômica e socioambiental do retorno do investimento da implantação do projeto produtor de água na bacia do ribeirão Pipiripau (DF/GO)**. Relatório de consultoria preparado para o The Nature Conservancy do Brasil – TNC, contrato No. AFCS-BR 00293-2012, 2012.
- GUIMARÃES, Rafael Zoboli et al., **Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do Rio Campinas, Joinville SC**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 23, 2011.
- HAMEL, Perrine et al. **The value of hydrologic information for watershed management programs: The case of Camboriú, Brazil**. Science of the Total Environment, v. 705, p. 135871, 2020.
- JARDIM, Mariana Heilbuth. **Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema-MG**. 2011.
- JAMSHIDI- Roudbari, Abbas; Chang, Shih Chang. **Common electrode connections in integrated touch screens**. U.S. Patent Application n. 13/492,671, 6 jun. 2013.
- KAZAY, Daniel Firmo et al. **Avaliação da Capacidade de Infiltração e do Pagamento por Serviços Ambientais em Sistemas Agroflorestais Sucessionais: o caso da Cooperafloresta**. Projeto de graduação (Engenharia Ambiental)-Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- LANNA, Antonio EduArdo. **A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso**. estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 113-130, 2008.
- Maidment, David R.; Morehouse, Scott. **Arc Hydro: GIS for water resources**. ESRI, Inc., 2002.

- MARTINS S. G., **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES**, Universidade Federal de Lavras, 2005, Tese de Doutorado, 117.
- MERRITT, Wendy S.; Letcher, Rebecca A.; Jakeman, Anthony J. **A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software**, v. 18, n. 8-9, p. 761-799, 2003.
- MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo**. Do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Editora UNESP, 2008.
- NASCIMENTO, Maria Amélia. **Bacia do Ribeirão João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar**. 176 p. (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro-SP. 1998.
- OLIVEIRA, Wellington Nunes de et al., **Avaliação da qualidade ambiental da paisagem da bacia hidrográfica e do reservatório do Ribeirão João Leite**, 2013.
- PRUSKI, F.F.; Moreira, G.T.G.; Silva, J.M.A.; Ferreira, C. de P.; Moreira, M.C. de O.; Griebeler, N.P.; Andrade, M.V.A.; Teixeira, A. de F. Terraço 4.1: **Práticas mecânicas para a conservação de solo e água em áreas agrícolas**. Viçosa: AEAGRI-MG, 2009. 88p.
- RESENDE, Fernando de Moura et al., **Planejamento para conservação de serviços ecossistêmicos no Cerrado**. 2018.
- RIBEIRO, Aristela Resende et al., **Percepção dos integrantes do Programa produtor de água Produtor de Água sobre os desafios do processo de implantação**. 2015.
- SANTOS, Eduardo HM dos; Griebeler, Nori P.; Oliveira, Luiz FC de. **Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite**. Rev. bras. eng. agríc. ambient, p. 826-834, 2010.
- SAAD, Sandra Isay. **Modelagem e valoração dos serviços ambientais hidrológicos na recuperação da vegetação no Ribeirão Ribeirão das Posses, Extrema, MG**. 2015. 169 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Ambiental, Programade Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- SALZMAN, J., Bennett, G., Carroll, N., Goldstein, A., & Jenkins, M. (2018). **The global status and trends of payments for ecosystem services. Nature Sustainability**, 1(3), 136–144.
- SEMARH – **Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos**. Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Oeste - ITCO. Plano de Manejo APA João Leite - Goiânia, 2007.
- SOUSA, Silvio Braz de. **Impactos da implantação da barragem no Ribeirão João Leite sobre a oferta de hortifrutí na Grande Goiânia**. 2013.
- SILVA, Renato Castro da. **Cultivo Da Alfaca Com Coberturas De Solo**. 2018.
- TUNDISI, José Galizia. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, n. 70, p. 24-35, 2006.

VIGIAK, O.; Borselli, L.; Newham, L. T. H.; McInnes, J.; Roberts, A. M. **Comparison Of Conceptual Landscape Metrics To Define Hillslope-Scale Sediment Delivery Ratio. *Geomorphology***. P 74–88. 2012. Disponível Em <[Http://Www.Sciencedirect.Com/Science/Article/Pii/S0169555x11004478#](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555x11004478#)>, Acesso Em 05 Ago. 2018.

ZANELLA, Bruno Pavanelli. **Modelagem do aporte de sedimentos aplicada à bacia hidrográfica contribuinte da PCH Costa Rica (MS) e proposta de mitigação do assoreamento**. 2016.