

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MÉTODOS E MODELOS APLICADOS PARA ANALISAR O EFEITO DAS ZONAS RIPÁRIAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Moira Paranaguá Nogueira¹; Ricardo Tezini Minoti²

RESUMO - A integridade ecológica das zonas ripárias está sob constante ameaça devido às mudanças do uso do solo e isso pode comprometer a conservação dos ecossistemas e a qualidade da água. Alguns estudos foram desenvolvidos no sentido de compreender os efeitos dessa vegetação sobre os corpos hídricos, em especial quanto à largura ideal para manter os serviços ecossistêmicos. Parte dessas análises são baseadas na aplicação de modelos para a simulação dos sistemas físicos e bióticos. Com o propósito de entender melhor as abordagens utilizadas nesses estudos, neste trabalho foi realizada uma revisão da literatura recente sobre os diferentes modelos utilizados. No levantamento, foram identificados modelos baseados em estatística, modelos hidrológicos e modelos empíricos, cujas abordagens, aplicações e resultados foram descritos. Como novas perspectivas, sugere-se que pesquisas sejam realizadas no sentido de testar e desenvolver modelos simplificados que possam simular com maior precisão os fenômenos que ocorrem nas zonas ripárias e os impactos causados pela presença ou ausência dessa vegetação.

Palavras-Chave – zona ripária; qualidade da água; modelagem.

INTRODUÇÃO

As zonas ripárias são áreas estreitas que margeiam os corpos hídricos e desempenham importante papel no ecossistema ribeirinho. Pela proximidade com os cursos d'água, essa fitofisionomia promove a interação entre os ambientes terrestre e aquático (You *et al.*, 2015, citando Naiman *et al.*, 1997) e presta diversos serviços ambientais, como regulação do fluxo hídrico, manutenção da qualidade da água, redução do escoamento superficial, filtragem de poluentes e retenção de sedimentos, além de proporcionar condições adequadas para o desenvolvimento das

¹) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. SG-12, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF. moiraparanagua@hotmail.com

²) Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. SG-12, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF. rtminoti@gmail.com

comunidades aquáticas e servir como corredores para o fluxo da biota local, com significativa contribuição para a biodiversidade (Sirabahenda *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2013).

No Código Florestal brasileiro (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012), as zonas ripárias são tratadas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), espaços territoriais legalmente protegidos, com larguras de faixas distintas, a depender da largura dos rios e do tamanho da propriedade, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Entretanto, apesar da importância das zonas ripárias, a sua integridade ecológica, ou mesmo a ocorrência dessas áreas, é ameaçada por mudanças no uso da terra, em especial devido à urbanização, à expansão da fronteira, à conversão em pastagens e ao plantio de espécies exóticas com valor comercial. Tais alterações representam um risco para a conservação de ecossistemas e para a qualidade da água (Miserendino *et al.*, 2011).

Visando uma gestão eficaz e a necessidade de mitigar os impactos negativos de tais transformações, alguns estudos foram realizados no sentido de analisar a influência das zonas ripárias frente aos distúrbios causados por essas alterações, em especial em relação à largura adequada das faixas das zonas ripárias para a manutenção dos serviços ambientais.

Assim, este trabalho visou realizar uma análise geral sobre as técnicas aplicadas em diferentes estudos e, principalmente, as ferramentas utilizadas para a simulação dos sistemas físicos e bióticos que, em conjunto, têm sido utilizadas para determinar o impacto da presença ou ausência das zonas ripárias na qualidade da água dos corpos hídricos superficiais. A análise relacionou-se, também, com a questão sobre como os estudos avaliaram a largura mais adequada das matas ripárias para o atendimento de suas funções ecossistêmicas.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido sob a perspectiva de investigação exploratória, a partir de pesquisa bibliográfica sobre os enfoques de análise e as técnicas utilizadas para examinar a interferência das zonas ripárias nos corpos hídricos.

A pesquisa foi realizada com o intuito de levantamento de artigos científicos de alta qualidade, somente artigos científicos publicados em periódicos que possibilitem a revisão por pares, oriundos das bases de dados do Portal de Periódicos Capes e *Science Direct*.

Conforme Nakahashi *et al.* (2019), os artigos foram lidos na seguinte sequência: título do artigo, resumo, introdução e conclusão, a fim de ocorrer a seleção do artigo ou não, no intuito de que fossem selecionados apenas os artigos cujos títulos, resumos, e assim sucessivamente, fossem condizentes.

As palavras chaves utilizadas para a seleção dos artigos foram: “zona ripária”, “qualidade da água” e “largura da zona ripária”. Ao final foram identificados 18 artigos relacionados às temáticas dos quais foram selecionados apenas 9 que, de forma sintética, representaram as diferentes abordagens identificadas nos estudos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise realizada, a partir de trabalhos recentes da literatura, evidenciou a importância das zonas ripárias para a manutenção da estrutura e dinâmica dos ecossistemas aquáticos.

As zonas ripárias desempenham um papel significativo na manutenção da qualidade da água, como exemplo, reduzem a concentração de nitrato e fósforo e o carregamento de sedimentos para os

corpos d'água, por meio de uma variedade de processos físicos, hidrológicos, químicos e biológicos. Esses processos, por sua vez, são influenciados pelas condições climáticas, geológicas e hidrológicas, pelos tipos de solos e pelos tipos de vegetação, além da estrutura física da zona ripária, como a largura e a localização espacial (Cole *et al.*, 2020).

No mesmo sentido, em estudo sobre a influência do uso das zonas ripárias no habitat ribeirinho e na qualidade da água, Ramião *et al.* (2020) destacam que as matas ciliares são essências para reduzir a exportação de nutrientes para os ecossistemas a jusante e sugerem a reabilitação das zonas ripárias como ferramenta fundamental para diminuir os custos ambientais decorrentes da conversão do uso do solo.

As zonas ripárias também amenizam os eventos de inundações e estabilizam os taludes, uma vez que os caules da vegetação reduzem a energia do escoamento superficial e as raízes auxiliam na fixação do solo e têm importante função na infiltração da água (Checchia, 2003). Nesse aspecto, a profundidade da raiz e a complexidade do sistema radicular influenciam a permeabilidade do solo e a capacidade da planta de estabilizar os sedimentos (Cole *et al.*, 2020).

Entretanto, em que pese a supressão da vegetação das zonas ripárias, conforme o novo Código Florestal brasileiro, seja possível apenas excepcionalmente em casos de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental, justamente em razão de suas importantes funções ecológicas, essas áreas são historicamente utilizadas para outros fins como assentamentos urbanos e produção de alimentos, em decorrência da disponibilidade de água e da alta fertilidade do solo.

A expansão urbana e o crescimento populacional têm modificado essa paisagem e comprometido a qualidade dos corpos d'água. A remoção da vegetação ciliar das bacias hidrográficas para estabelecimento de centros urbanos tem alterado as características do fluxo dos rios, influenciando na quantidade de sedimento introduzido no sistema, com conseqüente diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial (Miserendino *et al.*, 2011).

Nas zonas rurais, o desmatamento das zonas ripárias para a conversão em áreas agrícolas afeta a quantidade e a qualidade da água, uma vez que os fluxos de nutrientes, sedimentos e pesticidas provenientes das atividades agrícolas impõem uma ameaça potencial à saúde dos ecossistemas aquáticos.

Esses distúrbios influenciam fortemente a composição e a estrutura das zonas ripárias o que justifica a importância de realizar estudos que tentam aprofundar o conhecimento sobre a dinâmica desses sistemas, principalmente estudos que contribuam para melhor entendimento sobre a largura necessária para que os serviços ambientais e de proteção dos corpos hídricos sejam, minimamente, mantidos.

Em função da complexidade de elementos e processos envolvidos e da variabilidade dos ambientes onde as zonas ripárias estão inseridas, tanto pelas características únicas de cada bacia hidrográfica quanto pelas diferentes atividades humanas desenvolvidas, existe a necessidade de geração de estudos nas variadas bacias hidrográficas para que forneçam informações técnicas para subsidiar a gestão ambiental e de recursos hídricos e os respectivos processos de tomada e decisão na rotina de implantação das políticas públicas.

Assim, compreender os processos físicos e ecológicos das zonas ripárias e os efeitos dessa vegetação sobre a qualidade da água auxilia os gestores de bacias hidrográficas na implementação de estratégias e políticas de preservação dos corpos hídricos. Por isso, este levantamento objetivou analisar e discorrer sobre algumas metodologias aplicadas nos estudos sobre as zonas ripárias. As principais metodologias de análise levantadas são sintetizadas e apresentadas na Tabela 1 e descritos na sequência do trabalho.

Tabela 1 – Métodos e modelos para análise do efeito das zonas ripárias na qualidade da água de corpos aquáticos relatados na literatura.

Estudo	Local de estudo	Análise/método/modelo aplicados	Processo analisado
Sahu <i>et al.</i> (2009)	Bacia Hidrográfica de Walnut Creek-Iowa/EUA	Modelo SWAT	Analisar a eficácia das zonas ripárias na redução de NO ₃ -N.
Ding <i>et al.</i> (2013)	Bacia Hidrográfica do rio Tizi - China	Análise de Regressão Linear	Examinar o efeito da largura da zona ripária sobre as comunidades de peixes.
Tanaka <i>et al.</i> (2016)	Bacias Hidrográficas dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu – SP/Brasil	Análise de Redundância	Avaliar as alterações antropogênicas na qualidade da água.
Zhang <i>et al.</i> (2016)	Bacia Hidrográfica de Black Brook - New Brunswick/Canadá	Riparian Ecosystem Management Model (REMM)	Avaliar os efeitos das zonas ripárias na bacia hidrográfica.
Li <i>et al.</i> (2018)	Curso médio do rio Hanjiang, na cidade de Xiangyang - China	Análise de Redundância e Análise de Regressão Linear	Analisar a influência das características da paisagem sobre a qualidade da água.
Bieger <i>et al.</i> (2019)	Bacia Hidrográfica de Little River – Georgia/EUA	SWAT +	Simular processos nas zonas ripárias e as interações rio-aquífero.
Guidotti <i>et al.</i> (2020)	Bacia Hidrográfica em Piracicaba/SP.	Análise de Regressão Linear	Explorar a relação entre a erosão do solo e a largura da zona ripária.
Ramião <i>et al.</i> (2020)	Bacia Hidrográfica do rio Ave - Portugal	Análise de Variância	Avaliar a concentração de nitrato em diferentes usos do solo.
Sirabahenda <i>et al.</i> (2020)	Bacia Hidrográfica de Mill River – Ilha do Príncipe Edward/Canadá	SWAT e ANFIS	Simular a retenção de sedimentos pelas zonas ripárias.

1-Modelos baseados em estatística

Os modelos baseados em estatística permitem estudar a relação interna entre os atributos da vegetação e os distúrbios externos. O modelo linear, que inclui Análise de Variância (ANOVA), a Regressão Linear e Análise de Covariância (ANCOVA), além da análise de redundância e análise de componentes principais, são alguns exemplos de modelos baseados em estatística para a análise de dados multidimensionais sobre o indivíduo, a população, a composição da comunidade e o meio ambiente (You *et al.*, 2015).

Análise de Regressão Linear

A análise de regressão linear é a técnica que possibilita relacionar uma variável dependente a uma ou mais variáveis independentes. Essa análise tem sido amplamente utilizada em estudos sobre a vegetação ripária, com demonstrações das relações dos atributos da vegetação com os distúrbios ambientais.

Como exemplo, Guidotti *et al.* (2020) utilizaram a regressão linear para explorar a relação entre a erosão do solo (variável dependente) e a largura da zona ripária (variável independente). O estudo revelou uma tendência negativa entre a largura da zona ripária e a perda líquida de solo para cenários com matas ciliares maiores ou iguais a 15 metros e uma tendência positiva para cenários com matas ciliares menores ou iguais a 8 metros. Os resultados dessa análise de regressão sugerem que zonas ripárias devem ter pelo menos 8 metros de largura para não agir como fonte de sedimentos para o corpo hídrico.

A regressão linear também pode ser utilizada para analisar a influência das características da paisagem na qualidade da água e tem importante aplicabilidade na definição da largura das zonas ripárias. O modelo de regressão linear múltipla apresentado por Li *et al.* (2018) identificou, na área de estudo, uma dimensão crítica para a zona ripária com largura de 300 metros e comprimento de 8 km, onde as características da paisagem têm efeito mais forte sobre a qualidade da água. Segundo os mesmos autores, os processos de deposição e absorção de poluentes na água variam em vários comprimentos de zona ripária devido à composição da paisagem e a dinâmica de configuração. O estudo demonstrou que as áreas urbanas foram associadas de forma positiva com a qualidade da água em larguras e comprimentos maiores das zonas ripárias, enquanto que as áreas com florestas tiveram uma contribuição mais forte em larguras mais amplas das zonas ripárias e comprimentos mais curtos. Tal fato é útil para compreender a influência da paisagem adjacente na qualidade da água e para o planejamento e gestão eficazes.

Em relação ao aspecto biológico, um dos exemplos de aplicação da regressão linear foi sua utilização entre as métricas da comunidade de peixes e o uso do solo nas zonas ripárias com diferentes larguras. O estudo de Ding *et al.* (2013) indicou que a integridade da comunidade de peixes foi mais fortemente associada ao uso do solo com pastagens e menos com áreas urbanas. Além disso, o estudo mostrou correlação negativa entre as métricas de comunidades de peixes e as atividades agrícolas em zonas ripárias de 25 a 50 metros, o que aponta que a poluição por nutrientes, especialmente nitrogênio total, diminui o número e a diversidade de peixes.

Análise de redundância

A análise de redundância é a extensão direta de regressão múltipla para modelar dados de resposta multivariada, restringindo a ordenação de variáveis dependentes e combinações lineares das variáveis independentes. Gera um espaço bidimensional que permite avaliar a associação dos maiores valores das variáveis dependentes com as variáveis independentes (Tanaka *et al.*, 2016).

Na área ambiental, a análise de redundância é aplicada na modelagem de resposta da vegetação ripária. Tanaka *et al.* (2016) criou um modelo para descrever a influência do uso do solo nas bacias hidrográficas dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu sobre as variáveis da estrutura da mata ciliar. Nesse estudo, a variação dos indicadores químicos e biológicos dos rios em relação à estrutura da bacia hidrográfica e da mata ciliar foi significativa; e maiores valores dos indicadores relacionados às comunidades de macroinvertebrados e concentrações de oxigênio dissolvido foram associados aos riachos com matas ciliares mais largas e com árvores maiores. Li *et al.* (2018), por sua vez, ao utilizar a análise de redundância, observou a forte influência das características da paisagem sobre os parâmetros de qualidade da água no rio Hanjiang, no centro da cidade Xiangyang, na China.

Anova e Ancova

A ANOVA e a ANCOVA também são métodos estatísticos úteis para analisar as respostas da vegetação ripária (You *et al.*, 2015) e foram utilizados na análise de diferenças nas variáveis de qualidade da água e nas mudanças de concentrações de nitrato ao longo do curso d'água em diferentes usos do solo (Li *et al.*, 2018; Ramião *et al.*, 2020). Também foram utilizados na comparação entre cenários de tratamento (Guidotti *et al.*, 2020).

2-Modelos Hidrológicos

Diversos estudos têm utilizado a modelagem hidrológica como instrumento para simulação de cenários e análise da dinâmica dos ambientes ripários em bacia hidrográfica, associando a largura das faixas de zonas ripárias com a geração de escoamento superficial, retenção de sedimentos e consequente alteração da qualidade da água.

Soil and Water Assesment Tool (SWAT)

Dentre os vários programas computacionais utilizados para modelar bacias hidrográficas, o modelo Soil and Water Assesment Tool (SWAT) se destaca por permitir a realização de análises em bacias monitoradas ou bacias não instrumentadas e apresenta ampla aplicabilidade. Na literatura há abrangentes estudos que demonstram que o SWAT é uma ferramenta eficaz para simulação de vazões e transporte de sedimentos, nutrientes e pesticidas.

O SWAT é um modelo de base física, com parâmetros semidistribuídos e simulação contínua, desenvolvido pelo Serviço de Pesquisa Agrícola dos EUA (Agricultural Research Service) e pela Texas A&M University, com o objeto de auxiliar no planejamento da conservação do solo e da água. O modelo permite a simulação de diferentes processos físicos do ciclo hidrológico em escala de bacia hidrográfica, além de prever os impactos decorrentes das alterações no uso do solo sobre os recursos hídricos (Perazzoli *et al.*, 2013; Nascimento *et al.*, 2018).

O modelo baseia-se em um conjunto de dados relacionados com as características físicas da bacia hidrográfica como: o uso e ocupação das terras, parâmetros do solo, o clima, o relevo e características hidrológicas. No SWAT, a bacia hidrográfica é dividida em sub-bacias e essas podem ser subdivididas em Unidades de Respostas Hidrológicas (URH), as quais possuem características homogêneas em relação ao uso do solo, tipo de solo e declividade.

O modelo SWAT foi aplicado à bacia hidrográfica de Walnut Creek e a opção de encosta foi utilizada para examinar a eficácia das zonas ripárias na redução de $\text{NO}_3\text{-N}$. Os resultados da aplicação do modelo mostraram que uma faixa de 10-50% da área da bacia e com vegetação perene poderia reduzir em 55 -90% do NO_3 nas saídas das bacias em um ano de chuva média (Sahu *et al.*, 2009).

Por outro lado, Sirabahenda *et al.* (2020), ao explorarem a eficácia do SWAT para simulação de sedimentos suspensos, destacaram que o modelo subestimou as altas cargas, embora tenha permitido analisar a eficácia das larguras das zonas ripárias para retenção de sedimentos. Os autores relacionaram essa observação à dificuldade do SWAT em prever adequadamente a contribuição das perdas de solo nas margens dos corpos hídricos.

Entretanto, Bieger *et al.* (2019), ao utilizarem o SWAT + (uma versão mais recente do SWAT) destacaram melhora na simulação de processos de várzeas e das interações rio-aquífero devido às representações espaciais detalhadas de partes da paisagem ou devido à capacidade de simular processos individuais em partes específicas da bacia hidrográfica. Além disso, o SWAT + pode enviar uma fração definida do escoamento superficial gerado nas terras altas diretamente para o corpo hídrico, enquanto que o restante é encaminhado para as várzeas, onde o modelo fornece uma entrada

adicional de água. Esse mecanismo impacta na quantidade de água do solo, percolação e evapotranspiração nas zonas ripárias.

Riparian Ecosystem Management Model (REMM)

O REMM é um modelo baseado em processos utilizado para simular o efeito das zonas ripárias na redução de sedimentos, nitrogênio e fósforo. Para esse modelo, a zona ripária é dividida em 3 segmentos: zona adjacente à vertente ascendente, zona média e zona próxima aos rios. Os dados de entrada incluem: dados meteorológicos como a radiação solar diária, temperatura do ar e precipitação; dados referentes aos atributos das 3 zonas mencionadas: espécie das plantas, declividade, tipo de solo e largura da zona ripária; além de informações sobre o escoamento superficial e as concentrações de sedimentos, nitrogênio e fósforo. (Zhang *et al.*, 2016).

A interação entre o modelo REMM e o modelo SWAT, em escala de bacia hidrográfica, possibilita avaliar os impactos das zonas ripárias sobre o carreamento de sedimentos e nutrientes. A interface também permite calcular a largura e a declividade dessas áreas, com base em dados do uso do solo e em modelo digital de elevação (MDE) (Zhang *et al.*, 2016).

3-Modelo Empírico

O método empírico é baseado em dados de campo, experimentos, regras naturais do meio ambiente e atributos da vegetação, dos quais a conclusão é em forma de valores binários ou em forma de valores múltiplos (You *et al.*, 2015).

Um exemplo de modelo empírico e amplamente aplicado é o modelo Adapted Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), orientado a dados e baseado no sistema de inferências que combina estratégias de rede neural e lógica Fuzzy. Em relação às zonas ripárias, o modelo ANFIS indicou desempenho confiável para simular os efeitos das mudanças do uso do solo sobre o carreamento de sedimentos e definiu bem a largura ideal da faixa da zona ripária para a remoção de sedimentos quando comparado ao modelo SWAT (Sirabahenda *et al.*, 2020).

4-Considerações sobre os métodos e modelos

A partir de toda a análise realizada, pode-se acrescentar que, além dos modelos apresentados, o geoprocessamento também é extensamente utilizado nas análises associadas às zonas ripárias, seja na criação dos cenários com as características particulares de cada um (Guidotti, *et al.*, 2020), seja na correlação de variáveis. Sirabahenda *et al.* (2020) aplicou o geoprocessamento para averiguar a porcentagem de áreas agrícolas associada com o aumento da largura da zona ripária. O geoprocessamento, por meio de modelos digitais de elevação, também foi útil para a definição de zonas ripárias hidrologicamente adaptadas, cujas larguras são variáveis e dependentes da hidrologia específica de cada local (Tiwari *et al.*, 2016).

Percebe-se que a análise espacial é de fundamental importância e faz parte de muitos estudos, mesmo para a aplicação de alguns métodos demonstrados neste trabalho, como os modelos SWAT, ANFIS e REEM, por exemplo. Além disso, em todos os trabalhos analisados neste levantamento o geoprocessamento foi aplicado em alguma etapa do estudo.

Embora o presente trabalho não tivesse o objetivo de analisar a literatura associada ao monitoramento e à obtenção de dados primários associados aos efeitos da proteção gerada pela zona ripária nos corpos hídricos superficiais, o que completaria a análise dos métodos e enfoques disponíveis, o levantamento das metodologias, principalmente dos modelos, aplicadas aos estudos

sobre as zonas ripárias contribuiu para uma visão em perspectiva sobre as possibilidades de análises que estão sendo aplicadas na atualidade.

Todavia, essa revisão não esgota o assunto, uma vez que foi realizada com o intuito exploratório, de iniciar uma discussão sobre os métodos e modelos que estão sendo aplicados com o propósito de gerar um melhor entendimento sobre o funcionamento das zonas ripárias, sobre os importantes serviços ambientais gerados por esses sistemas e, por último, para ampliar o entendimento sobre o efeito de diferentes extensões (larguras) desses sistemas “tampão” podem ter sobre os sistemas aquáticos.

CONCLUSÕES

A realização de revisão ampla e sistemática da literatura possibilitou o levantamento, a seleção e a discussão de diferentes tipos de abordagens e ferramentas aplicadas em análises associadas às zonas ripárias.

Observou-se que variados modelos foram desenvolvidos ou aplicados na tentativa de compreender a dinâmica e a influência das zonas ripárias sobre os corpos hídricos e de avaliar como os impactos naturais e antropogênicos afetam essa fitofisionomia.

Nessa revisão foram apresentados modelos baseados em estatística, modelos hidrológicos e modelos empíricos que são estudados e aplicados no meio acadêmico. Entretanto, apesar da diversidade de metodologias para a simulação do ambiente ripário, nota-se que os processos envolvidos são complexos e os modelos não conseguem simular com precisão todos os fenômenos envolvidos. Ademais, a maioria dos modelos existentes requer tempo e vasta variedade de dados de entrada que muitas vezes não estão disponíveis.

Como perspectiva, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas no sentido de testar e desenvolver modelos que possam simular com maior precisão e facilidade os fenômenos que ocorrem nas zonas ripárias e os impactos causados pela presença ou ausência dessa vegetação.

REFERÊNCIAS

BIEGER, K.; ARNOLD, J.G.; RATHJEANS, H; WHITE, M. J.; BOSCH, D.D; e ALLEN, P.M. (2019). “*Representing the Connectivity of Upland Areas to Floodplains and Streams in SWAT+*”. Journal of the American Water Resources Association. 578-590, v. 55, n.3.

CHECCHIA, T. (2013). “*Influência da zona ripária sobre os recursos hídricos: aspectos quantitativos e qualitativos*” in Anais do I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, Alfredo Wagner-SC.

COLE, L.J.; STOCKAN, J.; HELLIWELL, R. (2020). “*Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review*”. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 296, 106891

DING, S.; ZHANG, Y.; LIU, B.; KONG, W; MENG, W. (2013). “*Effects of riparian land use on water quality and fish communities in the headwater stream of the Taizi River in China.*” Front Environ. Sci. Eng. 7(5), pp.699-708.

GUIDOTTI, V.; FERRAZ, S.F.B.; PINTO, L.F.G.; SPAROVEK, G.; TANIWAKI, R.F.; GARCIA, L.G.; BRANCALION, P.H.S. (2020). “*Changes in Brazil’s Forest Code can erode the potential of riparian buffers to supply watershed services*”. Land Use Policy, v. 94, 104-511.

- LI, K.; GHI, G.; WANG, L.; XIE, Y.; WANG, X.; FAN, Z. (2018). “*Identifying the critical riparian buffer zone with the strongest linkage between landscape characteristics and surface water quality*”. *Ecological Indicators*, v.93, pp. 741-752.
- MISERENDINO, M.L.; CASAUX, R.; ARCHANGELSKY, M.; PRINZIO, C.Y. (2011). “*Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams*”. *Science of the Total Environment*, v. 409, pp. 612-624.
- NAKAHASHI, R.T.; CAMILO, M; OKAWA, C.M.P. (2019). “*Cidades inteligentes e o setor saneamento: Revisão Sistemática*” in *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Foz do Iguaçu, Nov. 2019.
- NASCIMENTO, J.M; FRADE, T.G.; SILVA, R.M. (2018). “*Modelagem da resposta do escoamento em uma bacia do semiárido da Paraíba utilizando o modelo SWAT*”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n.03, pp. 1137-1150.
- PERAZZOLI, M.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. (2013). “*Efeitos de cenários de uso do solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do ribeirão Concórdia – SC*”. *Revista Árvore*. Viçosa-MG, v. 37, n.5, pp. 859-869.
- RAMIÃO, J.P.; CÁSSIO, F.; PASCOAL, C. (2020). “*Riparian land use and stream habitat regulate water quality*”. *Limnologica* v.82, 125762.
- SAHU, M.; GU, R.R. (2009). “*Modeling th effects of riparian buffer zone and contour strips on stream water quality*”. *Ecological Engineering*, v. 35, pp. 1167-1177.
- SIRABAHENDA, Z.; ST-HILAIRE, A.; COURTENAY, S.C.; HEUVEL, M.R. (2020). “*Assessment of the effective width of riparian buffer strips to reduce suspended sediment in an agricultural landscape using ANFIS and SWAT models*”. *Catena*, v.195, 104762.
- SOUZA, A.L.T.; FONSECA, D.G.; LIBÓRIO, R.A.; TANAKA, M.O. (2013). “*Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil*”. *Forest Ecology and Management*. V. 298, pp.12-18.
- TANAKA, M.O.; SOUZA, A.L.T.; MOSCHINI, L.E.; OLIVEIRA, A.K. (2016). “*Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil*”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 207, pp.171-177.
- TIWARI, T.; LUNDSTRÖM, J.; KUGLEROVA, L.; LAUDON, H.; ÖHMAN, K.; e AGREN, A.M. (2016). “*Cost of riparian buffer zones: A comparison of hydrologically adapted site-specific riparian buffers with traditional fixed widths*”. *Water Resour. Res.*, v.52, pp.1056–1069.
- YOU, X.; LIU, J.; ZHANG, L. (2015). “*Ecological modeling of riparian vegetation under disturbances: A review*”. *Ecological Modelling*, v. 318, pp.293-300.
- ZHANG, C.; LI, S.; QI, J.; XING, Z.; MENG, F. (2016). “*Assessing impacts of riparian buffer zones on sediment and nutrient loadings into streams at watershed scale using an integrated REMM-SWAT model*”. *Hydrological Processes*, v. 31, pp. 916-924.