RISCO RELATIVO E EXTENSÃO DE PERDA DE BIODIVERSIDADE NA BACIA DO RIO PANDEIROS, TRIBUTÁRIO DO RIO SÃO FRANCISCO

Martins, I[1]; Macedo, D. R.[2]; Callisto, M.[1]

[1] Universidade Federal de Minas Gerais –ICB/DGEE, LEB
Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP 31270-901
isabelasmartins.ufmg@gmail.com
callistom@ufmg.br

[2] Universidade Federal de Minas Gerais –IGC
Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP 31270-901
diegorm@ufmg.br

Resumo. Identificar quais são as alterações causadas por atividades humanas em ecossistemas aquáticos e compreender de que forma afetam a biodiversidade são etapas fundamentais para a gestão da bacia do Rio São Francisco. O objetivo desse estudo foi avaliar a extensão e o risco relativo de estressores para a biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos. Foram amostrados 40 riachos que pertencem à bacia do Rio Pandeiros, utilizando metodologia espacialmente balanceada e probabilística, para selecionar seções que fossem representativas das mais variadas condições na bacia. O risco para as comunidades de macroinvertebrados é 1,7 vezes maior nos locais onde o distúrbio antrópico é maior (IDI) em relação às áreas de menor distúrbio, e esse estressor está presente em 24,5% da extensão da bacia. O estressor substrato fino está presente em 29% de toda a bacia, e representa um risco de 1,21 vezes maior para biodiversidade nos sites onde há predominância deste substrato, em relação aos sites menos impactados por substrato fino. Distúrbios na zona ripária também apresentam risco às comunidades 1,5x maior e estão presentes em 21% da bacia hidrográfica. A presença de pasto na zona ripária dos riachos é de 40 %, e apresentou risco 1,05x maior para as comunidades de macroinvertebrados. Portanto, ações locais e direcionadas aos distúrbios que potencialmente trazem risco à biodiversidade devem ser prioritárias na gestão da bacia do Rio São Francisco e seus afluentes.

Palavras-Chave – Macroinvertebrados, Cerrado, Biomonitoramento, Índices Multimétricos

INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo uso da água afeta a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos Gangloff *et al.* (2016), além de ameaçar a biodiversidade aquática global Reid *et al.* (2018). Identificar quais são as alterações antrópicas nesses ecossistemas e compreender de que forma afetam a biodiversidade são etapas importantes na avaliação da qualidade ambiental Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019).

As abordagens de risco relativo (RR) e extensão relativa (ER) são utilizadas pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) para relatar as condições regional e nacional de riachos em seu programa de monitoramento em escala nacional. O fundamento dessa abordagem é sua capacidade de fornecer associações quantificáveis entre os principais estressores (métricas de distúrbio) e as respostas biológicas Paulsen *et al.* (2008). O RR descreve a probabilidade de condição biológica boa x ruim, dada a presença / ausência de condição estressora baixa x alta. O ER fornece a magnitude em que a condição de alto estressor é encontrada em uma região.

Aliado às abordagens probabilísticas, os índices multimétricos têm sido os mais utilizados para avaliação de qualidade de água Ruaro *et al.* (2020). No entanto, essa abordagem ainda não foi padronizada para avaliação de ecossistemas aquáticos tropicais Buss *et al.* (2015) apesar de abrigarem elevada diversidade biológica Barlow *et al.* (2018). A eficiência desses índices e sua

aplicabilidade em outros locais além daqueles em que foram desenvolvidos tem sido testada Martins *et al.* (2020). Porém ainda há uma lacuna de conhecimento quanto à avaliação crítica e aplicabilidade desses índices, aliadas às abordagens probabilísticas, em estudos de diagnóstico ambiental para subsidiar gerenciadores de unidades de conservação e agências responsáveis pelo monitoramento de águas. Considerando a manutenção da integridade ecológica como principal meio para a manutenção e conservação de biodiversidade e consequente manutenção de qualidade de água, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco e extensão relativa de estressores em uma área prioritária para conservação da biodiversidade.

MATERIAL E MÉTODOS

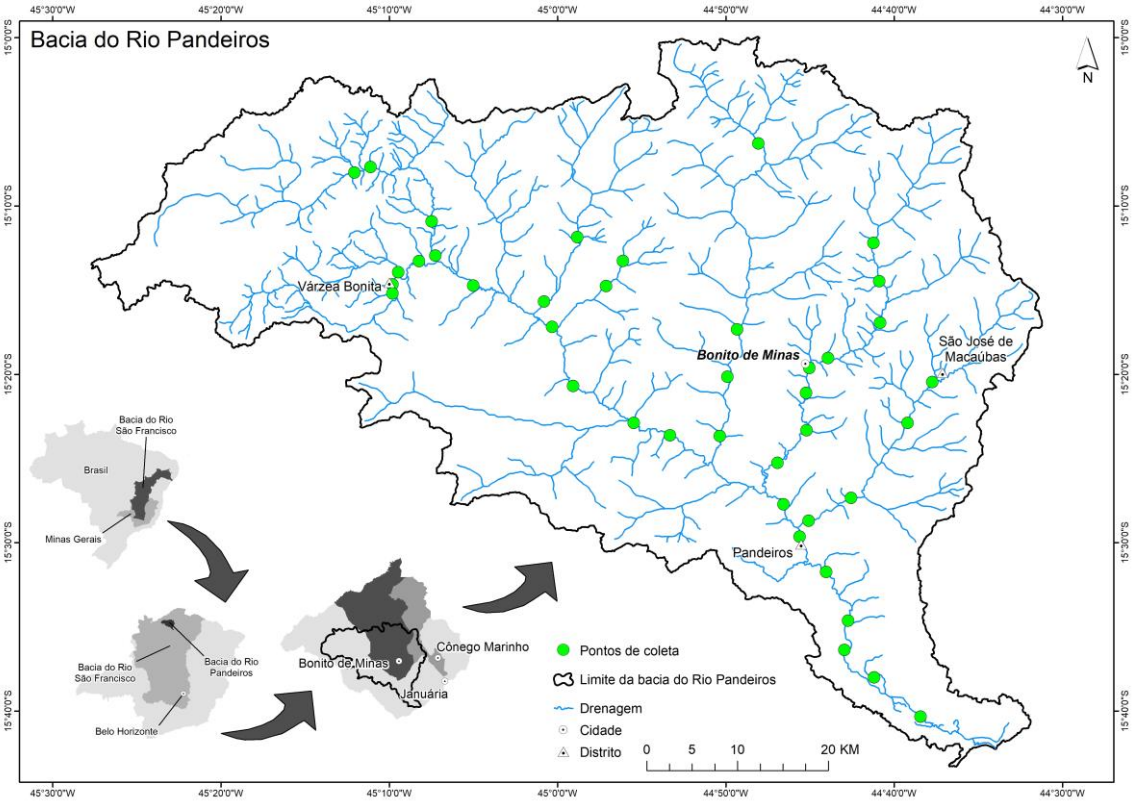
Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Pandeiros está localizada na região norte do estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1), inserida no bioma Cerrado. A região alagada (pantanal e complexo de lagoas marginais) e as veredas do rio Pandeiros (MG) estão entre as áreas prioritárias para conservação do bioma Drummond *et al.* (2005), sendo também considerada de Importância Biológica Especial, por constituir-se em ambiente único Azevedo *et al.* (2009), na bacia do Rio São Francisco. A maior parte de seu território (85,7%) compõe a Área de Proteção Ambiental da bacia do rio Pandeiros. O rio Pandeiros, que integra o médio rio São Francisco, é considerado um afluente estratégico na margem esquerda desse grande rio e de fundamental importância para a sua revitalização Azevedo *et al.* (2009). O clima na região é considerado semiárido IGAM (2014), o que o torna de maior importância devido à escassez de água, suprida pelo regime perene da maioria de seus afluentes. A bacia ainda possui uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), desativada desde 2007. Há estudos em andamento para a viabilização de futuro descomissionamento dessa barragem, fato inédito na América do Sul Linares *et al.* (2018).

Definição dos sítios amostrais

Foram definidos 40 sítios amostrais através de desenho espacialmente balanceado, conforme metodologia do *US-EPA* Olsen e Peck (2008). As amostragens nos tributários da bacia hidrográfica do Rio Pandeiros foram realizadas no início do período seco (abril e junho de 2016). Em cada sítio as amostragens foram realizadas em um trecho proporcional a 40 x a largura do riacho, com comprimento mínimo de 150 metros. Em cada trecho foram estabelecidos 11 transectos transversais (perpendiculares ao trecho do riacho) demarcados de “A” a “K”, definindo 10 seções, onde foram realizadas medidas de habitat físico (estabilidade relativa do leito, alterações antrópicas na zona ripária; % substratos finos e % de pasto) e coleta de macroinvertebrados bentônicos Peck *et al.* (2006); USEPA - United States Environmental Protection Agency (2013).

FIGURA 1. Localização dos sítios amostrais na bacia hidrográfica do rio Pandeiros, MG.



Avaliação do uso e cobertura do solo

A avaliação do uso e cobertura do solo foi realizada com base no método de classificação supervisionada de imagens digitais, onde são atribuídos classes aos pixels das imagens de satélite, criando padrões homogêneos aos quais diferentes classes de uso e cobertura do solo são associadas Santos *et al.* (2017). As imagens utilizadas neste trabalho são provenientes do satélite Landsat-8, sensor OLI, cena da órbita ponto 219/71 e 219/70, para o ano de 2016, disponibilizadas pelo INPE (http://www.dgi.inpe.br).

Classificação e validação sítios amostrais menos perturbados

Na bacia do rio Pandeiros, utilizamos o conceito de "*least disturbed*" Martins *et al*. (2018); Stoddard *et al*. (2008) ou menor impacto possível considerando a situação atual da bacia hidrográfica. Para identificar os locais com menor impacto, foi utilizado o Índice de Distúrbio Integrado (IDI) Ligeiro *et al.* (2013). O índice (IDI) foi validado utilizando o teste de Mann-Whitney (Teste U) e as métricas biológicas de riqueza total, riqueza e porcentagem de organismos sensíveis (Ephemoroptera, Plecoptera e Trichoptera - EPT). Além disso, foi realizada correção para variabilidade natural Chen *et al*. (2014); Klemm *et al*. (2003).

Escolha e seleção do índice multimétrico

A partir do trabalho de Martins *et al.* (2020), onde foram selecionados 10 índices multimétricos bentônicos, que se mostraram eficientes na avaliação da qualidade ambiental na bacia do Rio Pandeiros, escolhemos o que obteve o melhor desempenho segundo as análises realizada pelos autores. O índice selecionado foi de o de Macedo *et al*. (2016) e foi calculado e aplicado na bacia do Rio Pandeiros. As métricas biológicas que compõem esse índice são: riqueza de Ephemeroptera, riqueza de EPT, % Odonata, % predadores, ASTP (Tolerância média por *taxa*).

Análise de Risco Relativo (RR) e Extensão Relativa (ER)

Para avaliar o RR e o ER de estressores para a biodiversidade de macroinvertebrados, foram selecionadas as variáveis estressoras: LRBS (estabilidade relativa do leito), W1_Hall (impactos na zona ripária), % Pasto (em escala local), IDI (Índice de Distúrbio Integrado), % Substratos finos (<16mm). A variável resposta escolhida foi o índice multimétrico (MMI) proposto por Macedo *et al.* (2016). Os valores dos limiares para classificar cada estressor como bom ou ruim foram definidos com base na literatura e observações gráficas, conforme descrito na Tabela 1. Os valores de limiares para IDI e substratos finos foram definidos com base no 75º percentil do valor das áreas de referência. O MMI foi definido com base nos percentis 25º e 5º das áreas de referência.

TABELA 1 – Limiares das métricas de distúrbio e métrica biológica e suas referências

	Bom	Ruim
LRBS	> -1,5	< -1,5
W1_Hall	<1	>1
% Pasto	<40%	>40%
IDI	< 0,23	> 0,23
Substratos finos	< 93	>93
MMI	>59	<50

Todas as variáveis foram definidas com base em trabalhos anteriores: Jiménez-Valencia *et al.* (2014); Macedo *et al.* (2016); Martins *et al.* (2020); Silva *et al.* (2018). Foram definidas classes de condição para cada estressor e cada resposta, também com base na literatura citada.

O risco relativo foi obtido meio de uma tabela de contingência 2 x 2, na qual foram colocadas todas as situações possíveis de ter uma condição boa ou ruim de MMI, dada a condição de estressor alto ou baixo. A análise utiliza o conceito de probabilidade condicional para aferir o risco relativo, e é calculado da seguinte maneira:

$$RR = \frac{\Pr\,(MMIp \div Sh)}{\Pr\,(MMIp \div Sl)} \tag{1}$$

onde onde o numerador é a probabilidade de encontrar más condições biológicas (MMI_p) com altos escores estressores (S_h) e o denominador é a probabilidade de encontrar más condições biológicas,

devido a escores baixos de estressores (S_l). Um RR igual a 1 indica a ausência de associação entre o indicador biológico e o estressor.

A ER representa o comprimento e a proporção de riachos com altos escores de estressores em uma determinada área de estudo. É obtido como uma soma dos pesos amostrais dos locais encontrados com altos escores de estressores divididos pela soma de todos os pesos dos locais (expressos em %) Van Sickle e Paulsen, (2008).

RESULTADOS

Através do cálculo do IDI foram observados 7 sítios amostrais considerados menos impactados, 7 com impacto alto e os outros 26 sítios amostrais foram considerados em condições ecológicas intermediárias. Os valores de IDI variam de 0 a 1, sendo 0 locais com melhor qualidade ambiental. Valores de corte para a classificação dos sítios: 1 - menos perturbados: IDI $\leq 0{,}12$; 2 - intermediários: $0{,}13 \leq$ IDI $\leq 0{,}25$; 3 - impactados: IDI $\geq 0{,}26$. A classificação dos sítios amostrais menos perturbados foi validada através do teste U (locais menos perturbados versus locais com alto impacto: $p = 0{,}000532$). As métricas biológicas de riqueza de EPT são significativamente diferentes nos sítios menos perturbados e impactados ($p = 0{,}016145$), sendo os organismos significativamente afetados pelos distúrbios locais (w1_Hall – $p= 0{,}000532$) e regionais (IDI: $p = 0{,}000532$). O distúrbio local é representado principalmente por áreas de pastagem (45%) seguido de entulho/lixo no canal ou nas margens (20%). Agricultura representou 10 % do total dos impactos locais na zona ripária.

Risco Relativo e Extensão Relativa

O resultado da análise de risco relativo e extensão relativa foi realizado com índice de Macedo *et al*. (2016) e apresentou os seguintes resultados (Tabela 2):

TABELA 2. Resultados da análise de risco relativo e extensão do risco

Estressor	Risco relativo	Extensão do Risco (%)
LRBS	0,81	40,13
W1_Hall	1,5	21,73
IDI	1,68	24,41
Substrato <16mm	1,21	29,24
% pasto local	1,05	40,87

DISCUSSÃO

O uso de um índice multimétrico biológico aliado às análises probabilísticas, possibilitou a avaliação da condição ecológica em uma área de proteção ambiental e baixo gradiente de pressões antrópicas, como a bacia do rio Pandeiros, permitindo a identificação de distúrbios antrópicos e seus efeitos sobre a comunidade de macroinvertebrados no trecho médio do Rio São Francisco. Além disso, estressores que utilizam dados diretos de distúrbio, como o LRBS, IDI, W1-Hall, % substrato fino e % pasto, evidenciaram impactos antrópicos com risco para a biodiversidade de macroinvertebrados em grande extensão da bacia hidrográfica.

A bacia possui um gradiente baixo de condições ambientais quando comparada com o IDI em outras bacias hidrográficas Fierro *et al.* (2018); Ligeiro *et al.* (2013); Macedo *et al.* (2016); Silva *et al.* (2017); Terra *et al.* (2013), refletindo a boa condição ecológica e baixa fragilidade ambiental nessa bacia Callisto *et al.* (2019). Áreas protegidas, como a Área de Proteção Ambiental de Pandeiros, são de fundamental importância para limitar as pressões demográficas e o efeito de estressores locais Barlow *et al.* (2018), além de serem de grande importância para a manutenção da qualidade ambiental e revitalização da bacia a qual fazem parte Azevedo *et al.* (2009). Como observado, os impactos humanos na bacia são evidenciados em menor escala, ou seja, a proteção da área está limitando pressões demográficas, no entanto, não está limitando os efeitos dos estressores locais.

O uso de indicadores biológicos e análises probabilísticas é importante para o desenvolvimento de ferramentas para apoiar a tomada de decisões Nõges *et al.* (2009), ajudando assim a desenvolver medidas que garantam a efetiva proteção e restauração de ecossistemas degradados Statzner e Bêche, (2010). Em áreas protegidas, porém ainda sob influência de atividades humanas, o impacto evidenciado localmente afeta qualidade ambiental de sua bacia hidrográfica, e consequentemente, sua biodiversidade. Os resultados desse estudo são úteis como base para a utilização e padronização de índices multimétricos em estudos de avaliação de qualidade ambiental em bacias hidrográficas neotropicais; esclarece que distúrbios em escala local representam risco a biodiversidade, sugerindo-se ações junto às comunidades locais para conservação e preservação dos recursos hídricos no trecho médio da bacia do Rio São Francisco; fornece subsídios para futuros processos de restauração ambiental nessa e em outras bacias hidrográficas com as mesmas características.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nesse estudo foi possível identificar os principais estressores associados as más condições biológicas presentes na bacia, e avaliar a magnitude desses estressores. Considerando a bacia do rio Pandeiros como um importante afluente na bacia do rio São Francisco, é de extrema importância melhorar a qualidade de suas águas, concentrando os esforços para isso nos estressores locais que potencialmente geram riscos a perda da biodiversidade e consequente perda de qualidade das águas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) por meio do projeto APQ-01961-15. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Código Financeiro 001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), P&D Aneel-Cemig GT-599 e GT-611, por bolsas de estudos e apoio financeiro. Este projeto foi autorizado pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF - 057/2016) e pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO - 10365-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, I.F.P., NUNES, Y.R.F., VELOSO, M.D.M., NEVES, W. V, FERNANDES, G.W. **Preservação estratégica para recuperar o São Francisco**. Scientific American Brasil, 83, 74–79, 2009.

BARLOW, J., FRANÇA, F., GARDNER, T.A., HICKS, C.C., LENNOX, G.D., BERENGUER, E., CASTELLO, L., ECONOMO, E.P., FERREIRA, J., GUÉNARD, B., GONTIJO LEAL, C., ISAAC, V., LEES, A.C., PARR, C.L., WILSON, S.K., YOUNG, P.J., GRAHAM, N.A.J. **The future of hyperdiverse tropical ecosystems.** Nature 559, 517–526, 2018.

BUSS, D.F., CARLISLE, D.M., CHON, T.S., CULP, J., HARDING, J.S., KEIZER-VLEK, H.E., ROBINSON, W.A., STRACHAN, S., THIRION, C., HUGHES, R.M. **Stream biomonitoring using macroinvertebrates around the globe: a comparison of large-scale programs**. Environmental Monitoring and Assessment, 187, 2015.

CALLISTO, M., MACEDO, D.R., LINARES, M.S., HUGHES, R.M. **Multi-status and multi-spatial scale assessment of landscape effects on benthic macroinvertebrates in the Neotropical Savanna**, in: Hughes, R.M., Infante, D.M., Wang, L., Chen, K., Terra, B.F. (Eds.), Advances in Understanding Landscape Influences on Freshwater Habitats and Biological Assemblages. American Fisheries Society, Symposium 90, Bethesda, Maryland, pp. 275–302, 2019.

CAO, Y., HAWKINS, C.P., OLSON, J., KOSTERMAN, M.A. **Modeling natural environmental gradients improves the accuracy and precision of diatom-based indicators**. Journal of the North American Benthological Society, 26, 566–585, 2007.

CHEN, K., HUGHES, R.M., XU, S., ZHANG, J., CAI, D., WANG, B. **Evaluating performance of macroinvertebrate-based adjusted and unadjusted multi-metric indices (MMI) using multi-season and multi-year samples**. Ecological Indicators, 36, 142–151, 2014.

DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., MACHADO, A.B.M., SEBAIO, F.A., ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais**, 2nd ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 2005.

FIERRO, P., ARISMENDI, I., HUGHES, R.M., VALDOVINOS, C., JARA-FLORES, A. **A benthic macroinvertebrate multimetric index for Chilean Mediterranean streams**. Ecological Indicators, 91, 13–23, 2018.

GANGLOFF, M.M., EDGAR, G.J., WILSON, B. **Imperilled species in aquatic ecosystems: emerging threats, management and future prognoses**. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 26, 858–871, 2016.

JIMÉNEZ-VALENCIA, J., KAUFMANN, P.R., SATTAMINI, A., MUGNAI, R., BAPTISTA, D.F. **Assessing the ecological condition of streams in a southeastern Brazilian basin using a probabilistic monitoring design**. Environmental Monitoring and Assessment, 186, 4685–4695, 2014.

KLEMM, D.J., BLOCKSOM, K.A., FULK, F.A., HERLIHY, A.T., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., PECK, D. V., STODDARD, J.L., THOENY, W.T., GRIFFITH, M.B., DAVIS, W.S. **Development and evaluation of a Macroinvertebrate Biotic Integrity Index (MBII) for regionally assessing Mid-Atlantic Highlands streams**. Environmental Management, 31, 656–669, 2003.

LIGEIRO, R., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., MACEDO, D.R., FIRMIANO, K.R., FERREIRA, W.R., OLIVEIRA, D., MELO, A.S., CALLISTO, M. **Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness**. Ecological Indicators, 25, 45–57, 2013.

LINARES, M.S., CALLISTO, M., MARQUES, J.C. **Thermodynamic based indicators illustrate how a run-of-river impoundment in neotropical savanna attracts invasive species and alters the benthic macroinvertebrate assemblages' complexity**. Ecological Indicators, 88, 181–189, 2018.

MACEDO, D.R., HUGHES, R.M., FERREIRA, W.R., FIRMIANO, K.R., SILVA, D.R.O., LIGEIRO, R., KAUFMANN, P.R., CALLISTO, M. **Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams**. Ecological Indicators, 64, 132–141, 2016.

MARTINS, I., LIGEIRO, R., HUGHES, R.M., MACEDO, D.R., CALLISTO, M. **Regionalisation is key to establishing reference conditions for neotropical savanna streams**. Marine and Freshwater Research 69, 82–94, 2018.

MARTINS, I., MACEDO, D.R., HUGHES, R.M., CALLISTO, M. **Are multiple multimetric indices effective for assessing ecological condition in tropical basins?** Ecological Indicators, 110, 2020.

NÕGES, P., VAN DE BUND, W., CARDOSO, A.C., SOLIMINI, A.G., HEISKANEN, A.S. **Assessment of the**

ecological status of European surface waters: A work in progress. Hydrobiologia 633, 197–211, 2009.

OLSEN, A.R., PECK, D. V. S**urvey design and extent estimates for the Wadeable Streams Assessment**. Journal of the North American Benthological Society, 27, 822–836, 2008.

PAULSEN, S.G., MAYIO, A., PECK, D. V., STODDARD, J.L., TARQUINIO, E., HOLDSWORTH, S.M., SICKLE, J. VAN, YUAN, L.L., HAWKINS, C.P., HERLIHY, A.T., KAUFMANN, P.R., BARBOUR, M.T., LARSEN, D.P., OLSEN, A.R. **Condition of stream ecosystems in the US: an overview of the first national assessment.** Journal of the North American Benthological Society, 27, 812–821, 2008.

PECK, D. V, HERLIHY, A.T., HILL, B.H., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., KLEMM, D.J., LAZORCHAK, J.M., MCCORMICK, F.H., PETERSON, S.A., RINGOLD, P.L., MAGEE, T., CAPPAERT, M.R. E**nvironmental Monitoring and Assessment Program-Surface Water Western Pilot Study: Field Operations Manual for Weadlable Streams**. Washington, D.C., 2006.

REID, A.J., CARLSON, A.K., CREED, I.F., ELIASON, E.J., GELL, P.A., JOHNSON, P.T.J., KIDD, K.A., MACCORMACK, T.J., OLDEN, J.D., ORMEROD, S.J., SMOL, J.P., TAYLOR, W.W., TOCKNER, K., VERMAIRE, J.C., DUDGEON, D., COOKE, S.J. **Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity**. Biological Reviews, 94, 849–873, 2018.

REVENGA, C., CAMPBELL, I., ABELL, R., DE VILLIERS, P., BRYER, M. **Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360, 397–413, 2005.

RUARO, R., GUBIANI, É.A., HUGHES, R.M., MORMUL, R.P. **Global trends and challenges in multimetric indices of biological condition**. Ecological Indicators, 110, 2020.

SÁNCHEZ-BAYO, F., WYCKHUYS, K.A.G. **Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers**. Biological Conservation, 232, 8–27, 2019.

SANTOS, J.P., MARTINS, I., CALLISTO, M., MACEDO, D.R. **Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais**. Revista Espinhaço 6, 36–46, 2017.

SILVA, D.R.O., HERLIHY, A.T., HUGHES, R.M., CALLISTO, M. **An improved macroinvertebrate multimetric index for the assessment of wadeable streams in the neotropical savanna**. Ecological Indicators, 81, 514–525, 2017.

SILVA, D.R.O., HERLIHY, A.T., HUGHES, R.M., MACEDO, D.R., CALLISTO, M. **Assessing the extent and relative risk of aquatic stressors on stream macroinvertebrate assemblages in the neotropical savanna**. Science of the Total Environment, 633, 179–188, 2018.

STATZNER, B., BÊCHE, L.A. **Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors on running water ecosystems?** Freshwater Biology, 55, 80–119, 2010.

STODDARD, J.L., HERLIHY, A.T., PECK, D. V., HUGHES, R.M., WHITTIER, T.R., TARQUINIO, E. **A process for creating multimetric indices for large-scale aquatic surveys**. Journal of the North American Benthological Society, 27, 878–891, 2008.

TERRA, B.D.F., HUGHES, R.M., FRANCELINO, M.R., ARAÚJO, F.G. **Assessment of biotic condition of atlantic rain forest streams: A fish-based multimetric approach**. Ecological Indicators 34, 136–148, 2013.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Rivers and Streams Assessment 2008-2009: a collaborative survey**. EPA 841-D-13-001. Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Washington, D.C., 2013.

VAN SICKLE, J., PAULSEN, S.G. **Assessing the attributable risks, relative risks, and regional extents of aquatic stressors**. Journal of the North American Benthological Society, 2008.