ISSN 2675-3359
Revista Mineira de Recursos Hídricos
v. 1, n.1, 2020
RMRH
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - rmrh.igam.mg.gov.br

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS URBANOS

Rapid Assessement Protocol as a tool for urban water resources management

Armando Castello Branco Jr.[1]*
Lorraine Lacerda de Souza[2]
Tainá Marques Sampaio[3]
Ana Karoline Silva Rocha Farias[4]
Kayra Helena Freitas Miranda[5]
Stela Lemes Peçanha[6]
Stela Ferreira Rodrigues[7]

RESUMO

A preservação e recuperação dos mananciais são objetivos básicos quanto aos recursos hídricos urbanos, sendo previstos nos planos de saneamento municipais e nos planos diretores. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) em mananciais urbanos, realizado por pessoas sem formação técnica para análise da qualidade de água, e validá-lo como ferramenta de diagnóstico ambiental para o planejamento e monitoramento das ações de recuperação de áreas degradadas e manutenção dos recursos hídricos. Foram avaliados 25 trechos em 10 mananciais de 4 localidades do Pontal do Triângulo Mineiro por meio de um PAR modificado por Callisto *et al*. (2002). Os resultados obtidos revelaram que em 96,0% das situações experimentadas, não se verificou diferença significativa

[1] Doutor em Parasitologia, Prof. adjunto da Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Iturama/MG – armando.junior@uftm.edu.br – Autor correspondente*

[2] Graduada em Química – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Uberaba/MG – lorraine.souza@uftm.edu.br

[3] Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Iturama/MG – taina.msampaio@gmail.com

[4] Acadêmica Licenciatura em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Iturama/MG – kaarol2310@hotmail.com

[5] Acadêmica Licenciatura em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Iturama/MG – kayrahelena123@gmail.com

[6] Acadêmica Licenciatura em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Iturama/MG – stelalemesbio@gmail.com

[7] Acadêmica Licenciatura em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Iturama/MG – stela.ferreira93@gmail.com

(cc) BY-NC

entre os resultados do PAR aplicado por pessoas leigas ou técnicas. Os resultados também permitiram não só o mapeamento de trechos de mananciais prioritários para ações de recuperação ambiental como também permitiu um ranking de cursos d´água prioritários em cada localidade estudada. Os resultados validaram o PAR aplicado como uma ferramenta útil para a gestão de recursos hídricos, especialmente para municípios de pequeno porte onde os recursos financeiros, logísticos e humanos são bastante reduzidos.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental. Monitoramento ambiental. Avaliação Ecológica Rápida. Mananciais hídricos.

ABSTRACT

The maintenance and recovery of water source are basic objectives provided by municipal sanitation and master plans. The aim of the present work is to evaluate the application of a Rapid Assessment Protocol (RAP) in urban springs done by people without technical graduation on water quality analysis, as well as to validate the RAP as a tool for environmental diagnosis for planning and monitoring environmental recovery actions. Twenty-five stretches in ten water springs on four localities of the Pontal do Triangulo Mineiro were assessed. It was applied the PAR modified by Callisto et al. (2002). In 96% of the evaluated situations there was no significant difference between results of PAR applied by technical and non-technical personnel. Results allowed not only the mapping of which stretches of urban springs should be prioritized in environmental recovery actions, but also the ranking of water spring priority in each locality. Results validated the PAR as a tool for urban water management, especially in small cities where human, logistic and financial resources are scarce.

Keywords*: Environmental diagnosis. Monitoring. Rapid Ecological Assessment. Water resources.*

Data de submissão: 30/09/2020

Data de aprovação: 13/11/2020

1 INTRODUÇÃO

A população mundial vem se tornando cada vez mais urbana. Estudos sobre o movimento iniciado desde a Revolução Industrial estimam que, em 2050, cerca de 67% da população mundial viverá em áreas urbanas (UNITED NATIONS, 2014).

(cc) BY-NC

Em termos de Brasil, tem-se que cerca de 83% dos brasileiros vivem em áreas urbanas há quase dez anos (TUCCI, 2010). Em 2018, 86,6% dos brasileiros viviam em áreas urbanas (UNITED NATIONS, 2018). A dimensão dos problemas fica mais evidente quando se verifica que as áreas urbanas, no Brasil, correspondem a 0,30% do território nacional. Assim, a competição pelos recursos naturais em uma área tão reduzida e com uma densidade populacional tão grande compromete até mesmo aqueles recursos ditos renováveis.

Salienta-se que a degradação e o estresse ambientais resultam de dinâmica populacional. O uso da água e a emissão de resíduos/efluentes, pelo homem, sempre aconteceram. No entanto, os problemas resultam do volume de recursos consumidos e efluentes e resíduos gerados em relação à capacidade que o ambiente consegue repor recursos, como a água, e reciclar resíduos e efluentes antropogênicos (CÁNEPA *et al*., 2010).

Segundo Bicudo, Tundisi e Scheuenstuhl (2010), são inúmeros os cenários, no mundo, onde as sociedades enfrentam grandes desafios para o manejo de recursos hídricos e para a provisão de água potável. Na verdade, a dinâmica do desenvolvimento dos últimos 50 anos provoca a inevitável exaustão de recursos, inclusive da água. Segundo Tundisi (2014), a escassez generalizada será inevitável se persistirem o consumo, as alterações, os conflitos e impactos, tal qual acontecem ainda hoje. Dessa forma, uma gestão urbana sustentável é necessária enfatizando o equilíbrio entre os vários problemas do meio urbano. Essa gestão envolve uma mudança de paradigma uma vez que as soluções individuais para problemas interligados não funcionam (O'DONNELL *et al*., 2019). O desenvolvimento sustentável aborda soluções integradas para problemas interligados como aqueles relacionados aos recursos hídricos. Assim, seus pilares; vitalidade econômica, proteção ambiental e equidade social devem ser explorados para cada realidade (HASSAN; LEE, 2015; FELIX *et al*., 2019).

No contexto urbano, existem alguns serviços que estão diretamente relacionados aos recursos hídricos, como o abastecimento de água, o esgoto, a drenagem de águas pluviais e os resíduos sólidos urbanos (TUCCI, 2010).

A manutenção e recuperação dos mananciais são objetivos básicos quanto aos recursos hídricos urbanos, sendo previstos nos planos de saneamento municipais, nos planos diretores e no próprio código florestal. Entretanto, na maioria das vezes, estes objetivos são apenas previstos. Segundo alguns autores, a desarticulação entre o conhecimento técnico-

(cc) BY-NC

científico e o gerenciamento de planos de ação municipais, estaduais e federais é a grande falha da gestão dos recursos hídricos no Brasil (BRAGA *et al*., 2006; TUCCI, 2008; BICUDO *et al.*, 2010). Na maioria dos municípios, ainda falta capacidade gerencial uma vez que não há estrutura para o planejamento e gerenciamento dos processos multifatoriais relacionados aos recursos hídricos, tal qual verificado há mais de 10 anos (TUCCI, 2008).

A capacidade gerencial pode ser influenciada pelo porte do município uma vez que os recursos humanos podem estar em menor disponibilidade ou até serem não adequados. O cenário fica perturbador quando se verifica, diante dos dados do último censo nacional de 2010, que 5.315 dos 5.570 municípios brasileiros (95,4%) são de pequeno porte, ou seja, tem menos de 100 mil habitantes e, dentro desta categoria, tem-se que 4.471 municípios (84,1%) têm até 20 mil habitantes (STAMM *et al*., 2013). Segundo estes autores, esse contingente de municípios abriga cerca de 17% da população brasileira e, embora muito pequenos, precisam gerenciar todos os aspectos de qualquer cidade, inclusive seus recursos hídricos.

Neste contexto, tem-se a demanda por estratégias de diagnóstico e monitoramento da qualidade de cursos d´água que possam ser executados, especialmente, por municípios de pequeno porte, ou seja, com poucos recursos, tanto humanos como financeiros e logísticos.

Os protocolos de avaliação rápida (PAR) se constituem em uma ferramenta simples e de fácil compreensão, sendo baseados na caracterização ecológica de trechos pré-estabelecidos de cursos d´água (RODRIGUES *et al*., 2008). Os PARs têm sido utilizados para o diagnóstico ambiental de cursos d´água em diversas regiões do Brasil (CALLISTO *et al*., 2002; MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006; RODRIGUES *et al*., 2008; FRANÇA *et al*., 2013; BIZZO *et al*., 2014; BEZERRA *et al*., 2016; PEDROSO; COLESANTI, 2017; SUTIL *et al*., 2018).

Os PARs foram concebidos, a partir de meados dos anos 80, como umaferramenta para diagnóstico qualitativo e de baixo custo para a gestão de sistemas hídricos (BIZZO *et al*., 2014). Rodrigues *et al.* (2008) apontam que a aplicação dos PARs por pessoas não técnicas e da localidade permite a integração da comunidade com os trabalhos de monitoramento de recursos hídricos promovendo um maior comprometimento com as ações independentemente da gestão municipal do momento.

(cc) BY-NC

No Brasil, a maioria dos estudos sobre PARs são acadêmicos não sendo utilizados pelos gestores urbanos ou por agências envolvidas na qualidade de recursos hídricos e nem pelos comitês de bacia hidrográfica (BIZZO *et al*., 2014).

Considerando a realidade dos municípios de pequeno porte quanto à disponibilidade e capacitação técnica de recursos humanos e baixo orçamento disponível, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a aplicação de um PAR em mananciais urbanos de municípios do Pontal do Triângulo Mineiro, realizado por pessoas sem formação técnica para análise da qualidade de água, e validá-lo como ferramenta de diagnóstico ambiental para o planejamento e monitoramento das ações de recuperação de áreas degradadas e manutenção dos recursos hídricos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Pontal do Triângulo Mineiro, nos municípios de Iturama, União de Minas e Carneirinho além de seu distrito São Sebastião do Pontal.

O desenvolvimento das atividades com a comunidade de cada município demandou ações prévias de levantamento das lideranças municipais e de seus contatos, assim como possíveis parceiros. A partir da reunião de apresentação do projeto, estabeleceram-se detalhes logísticos para a execução dos trabalhos com a comunidade participante.

A Avaliação Ecológica Rápida (AER) é um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e consiste na mensuração da influência antrópica em determinado ambiente. Neste trabalho, foi seguido o protocolo proposto por Hannaford; Barbour e Resh (1997) e adaptado por Callisto *et al*. (2002). Essas análises foram feitas em trechos de até 100m a montante e a jusante de cada estação de observação (EO) em cada manancial.

O protocolo de AER, aplicado no presente trabalho, contém 22 parâmetros que avaliam tanto o nível de impacto ambiental em decorrência da atividade antrópica quanto as condições de habitats e o nível de conservação das condições naturais.

Callisto *et al*. (2002) apontam que de acordo com as observações feitas, em campo, são dadas pontuações. O somatório aponta o nível de interferência e condições de cada área de estudo. Somatória final maior ou igual a 61 significa que o ambiente está em sua forma natural

(cc) BY-NC

e sem interferência antrópica; enquanto que entre 40 e 60, significa moderada interferência antrópica. A pontuação inferior a 40 significa elevada influência antrópica.

A validação dos resultados do PAR/ AER aplicado por pessoas sem formação técnica em análise da qualidade de água foi feita pela comparação com os resultados obtidos por pessoas com formação técnica. Esta comparação foi feita pelo Teste *t de student* ao nível de significância igual a 0,05. A análise foi feita para cada estação de observação (EO) em cada manancial avaliado. O único auxílio dado pela equipe técnica foi explicar o significado de termos que desconheciam, como por exemplo, vegetação ripária e rápidos, também conhecidos como corredeiras.

Após a análise estatística, foi feita uma média aritmética final para cada EO. A média aritmética entre as EOs do mesmo manancial gerou uma pontuação média para o curso d´água.

Colaboraram, no total, 114 pessoas sem formação técnica em análise da qualidade de água para a aplicação do protocolo de AER nos mananciais avaliados, sendo 55 em Iturama, 24 em União de Minas, 20 pessoas nos mananciais na sede do município em Carneirinho e 15 pessoas no distrito de São Sebastião do Pontal/ Carneirinho. Essas pessoas foram organizadas em grupos para a aplicação do protocolo de AER. Salienta-se que, dentro do mesmo município, os grupos não eram repetidos nas estações de observação de forma que todos os participantes tiveram apenas uma oportunidade de aplicar o protocolo.

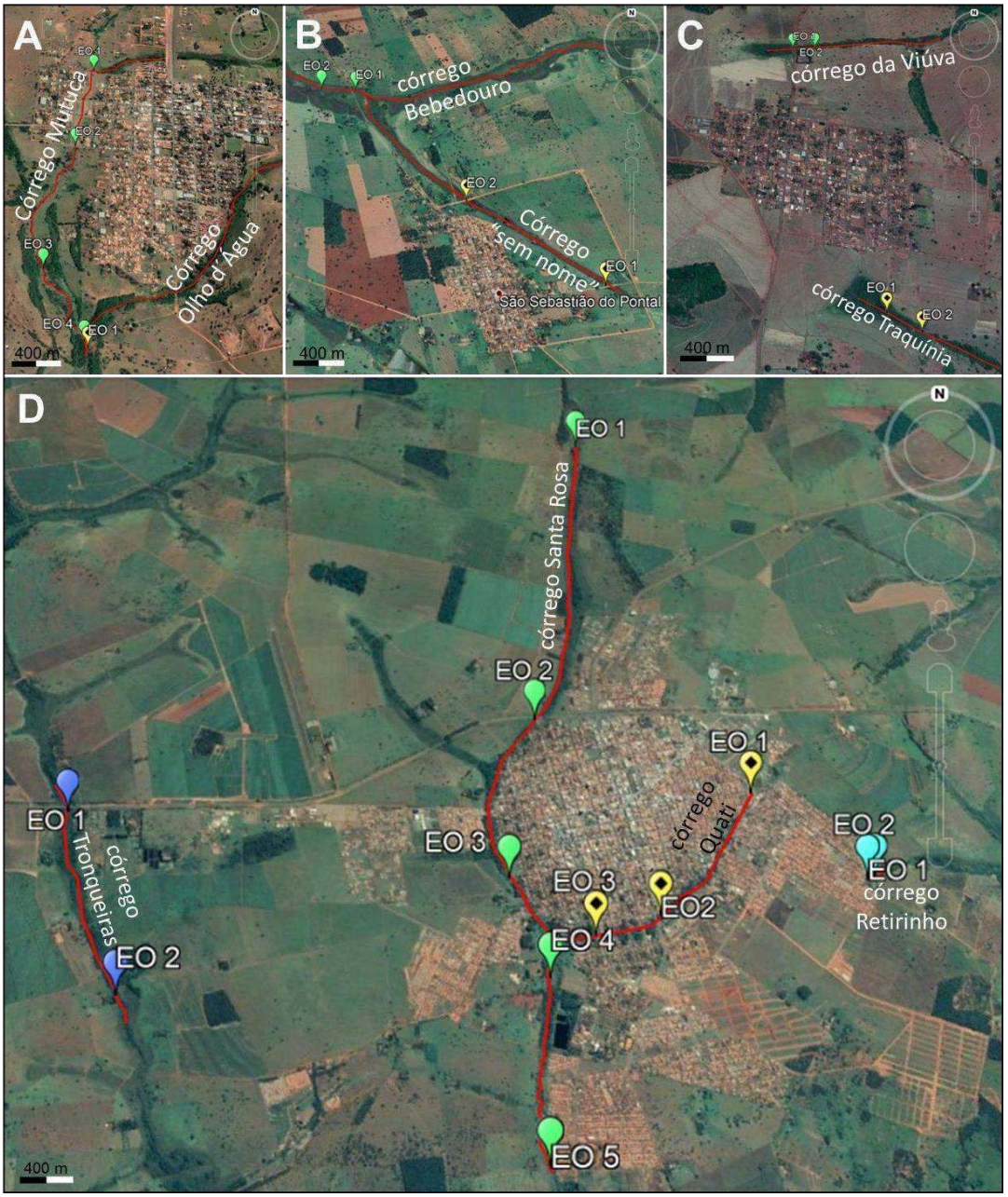
A distribuição etária dos participantes variou em cada município. Em Iturama, 94,5% dos participantes eram adultos (idade de 20 a 59 anos), 3,6% eram idosos (idade maior ou igual a 60 anos) e apenas 1,9% eram jovens (de 15 a 19 anos). Em União de Minas, a distribuição foi mais igualitária, sendo 41,6% de jovens e 58,4% de adultos. Na sede do município de Carneirinho, a maioria (85,0%) eram adultos e 15,0% eram idosos, enquanto no distrito de São Sebastião do Pontal, 86,6% eram jovens e 13,4% eram adultos.

Os PARs/AER também foram aplicados pelos autores e assim, formaram o grupo de pessoas com formação técnica para permitir a comparação estatística dos resultados.

Os dez mananciais avaliados pelo protocolo de AER/PAR, nos municípios alvo, são apresentados na Figura 1 assim como suas respectivas estações de observação. Ao todo, foram 25 estações de observação.

(cc) BY-NC

Figura 1 – Mananciais avaliados pelo protocolo de Avaliação Ecológica Rápida (AER) (em destaque) e respectivas estações de observação (EO)



Legenda: A. sede do município de Carneirinho/ MG
B. distrito de São Sebastião do Pontal/ Carneirinho/MG
C. município de União de Minas/ MG
D. município de Iturama/MG

Fonte: Adaptado de Google Earth (2019)

(cc) BY-NC

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 a 4 apresentam os resultados da aplicação do protocolo de AER em mananciais dos municípios avaliados tanto por pessoas com formação técnica como sem formação técnica, no que se refere a análise da qualidade de água. Também são apresentados os resultados da análise de *t de student* (p).

Tabela 1 – Resultado da Avaliação Ecológica Rápida (AER) nas Estações de observação (EO) em mananciais urbanos de Iturama, no Pontal do Triângulo Mineiro

Manancial	Estações de observação (EO)	Pontuação média (técnicos)	Pontuação média (leigos)	(p) obtido	Pontuação média total	Influência antrópica
Córrego Santa Rosa	EO1	45,1	44,2	0,64	44,6	moderada
	EO2	40,0	42,3	0,77	41,1	moderada
	EO3	34,0	52,0	0,24	43,0	moderada
	EO4	41,5	40,3	0,47	40,9	moderada
	EO5	38,0	34,5	0,14	35,3	elevada
Córrego Quati	EO1	29,0	25,5	0,59	27,3	elevada
	EO2	33,0	32,5	0,70	32,7	elevada
	EO3	35,0	34,6	0,88	34,8	elevada
Córrego Retirinho	EO1	29,6	29,5	1,22	29,6	elevada
	EO2	41,3	42,0	0,80	41,6	moderada
Córrego Tronqueiras	EO1	68,5	68,7	0,79	68,6	ausente
	EO2	80,7	81,2	0,80	80,9	ausente

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Tabela 2 – Resultado da Avaliação Ecológica Rápida (AER) nas Estações de Observação (EO) em mananciais urbanos de União de Minas, no Pontal do Triângulo Mineiro

Manancial	Estações de	Pontuação média (técnicos)	Pontuação média (leigos)	(p) obtido	Pontuação média total	Influência antrópica
Córrego da Viúva	EO1	58,5	54,0	0,61	56,2	moderada
	EO2	56,0	58,7	0,84	57,3	moderada
Córrego Traquínia	EO1	50,2	55,0	0,50	52,6	moderada
	EO2	67,0	69,0	0,76	68,0	ausente

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

(cc) BY-NC

Tabela 3 – Resultado da Avaliação Ecológica Rápida (AER) nas Estações de Observação (EO) em mananciais urbanos da sede do município de Carneirinho, no Pontal do Triângulo Mineiro

Manancial	Estações de observação (EO)	Pontuação média (técnicos)	Pontuação média (leigos)	(p) obtido	Pontuação média total	Influência antrópica
Córrego Mutuca	EO1	45,5	48,0	0,58	46,7	moderada
	EO2	39,0	43,6	0,40	41,3	moderada
	EO3	41,0	38,5	0,18	39,7	elevada
	EO4	52,0	50,2	0,14	51,1	moderada
Córrego Olho d´água	EO1	49,0	50,0	0,55	49,5	moderada

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Tabela 4 – Resultado da Avaliação Ecológica Rápida (AER) nas Estações de Observação (EO) em mananciais urbanos do distrito de São Sebastião do Pontal, no município de Carneirinho, no Pontal do Triângulo Mineiro

Manancial	Estações de observação (EO)	Pontuação média (técnicos)	Pontuação média (leigos)	(p) obtido	Pontuação média total	Influência antrópica
Córrego sem nome	EO1	40,0	36,0	0,07	38,0	elevada
	EO2	42,0	41,0	0,76	41,5	moderada
Córrego Bebedouro	EO1	63,5	51,0	0,00064	57,2	moderada
	EO2	39,5	37,0	0,55	38,2	elevada

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

No Teste de *t de student*, valores de p_{obtido} maiores que 0,05 implicam não haver diferença significativa entre os dois grupos (técnicos e leigos). Dessa forma, em 24 das 25 estações de observação, a análise estatística não revelou diferença significativa entre os resultados obtidos pela aplicação do protocolo de AER entre pessoas com formação técnica (técnicos) e sem formação técnica (leigos). Em apenas uma situação, EO1 no córrego Bebedouro, no distrito de São Sebastião do Pontal é que houve diferença significativa entre o resultado do PAR/ AER de leigos e técnicos.

Uma vez que em 96,0% dos casos testados não houve diferença significativa, considera-se aceitável a indicação do uso desta ferramenta por pessoas sem conhecimento técnico em análise da qualidade de água, especialmente em municípios de pequeno porte onde a falta de recursos humanos especializados é uma realidade. Tucci (2008) é um dos vários autores que relatam a deficiência em recursos humanos nos serviços urbanos relacionados diretamente aos recursos hídricos.

(cc) BY-NC

A característica dos PARs serem aplicáveis por pessoas não técnicas foi apresentada por Plafkin *et al*. (1989), nas propostas dos primeiros protocolos norte-americanos. No Brasil, Callisto *et al.* (2002) comprovaram esse aspecto ao comparar os resultados de estudantes de Ciências com treinamento técnico e sem treinamento técnico para a aplicação do protocolo. Embora não seja o ideal é uma forma de adequação a regiões sem contingente profissional para realizar o trabalho técnico. Salienta-se a necessidade da leitura e compreensão do texto do PAR como exigência mínima para sua execução.

A instabilidade das margens dos cursos d´água, a vegetação marginal composta por pasto (gramíneas) ou poucas árvores isoladas, a ausência de habitats diversificados nos leitos, a ocupação do entorno dos cursos d´água por moradias e o intenso e frequente descarte de resíduos (lixo e entulho) além das características do fluxo de água dos mananciais foram os principais parâmetros observados que comprometeram a qualidade dos mananciais estudados. O cenário com trechos alterados e impactados pela atividade antrópica, revelados pela pontuação de PAR, também tem sido apontado em diversos trabalhos (KRUPEK, 2010; RODRIGUES *et al*., 2012; CORDEIRO *et al*., 2017; SUTIL *et al*., 2018; FELIX *et al*., 2019).

Destacam-se ainda os casos do lançamento de esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto de Iturama, a cerca de 600 m a jusante da EO4 no córrego Santa Rosa, gerando alteração das características do curso d´água com a presença de intensa espuma e mudança de cor da água e ainda, o lançamento de esgoto bruto de uma Estação Elevatória de Esgoto a poucos metros a jusante da nascente do córrego Retirinho, também na zona urbana.

Também houve situações, como no córrego Quati, em Iturama, e em longo trecho do córrego Mutuca, em Carneirinho, da ocorrência de alterações no canal dos cursos d´água como sua retificação e canalização. Esses cenários também foram observados em outros trabalhos (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006; RODRIGUES *et al*., 2008, 2010).

Callisto e Moreno (2006) apontam que a redução da área de drenagem das bacias hidrográficas devido à retificações e canalizações de cursos d´água além de impermeabilizações por obras de engenharia sanitária também induzem à redução da diversidade de espécies aquáticas. Além desse aspecto, vários autores apontam outras consequências como a perda ou redução da proteção contra a entrada de sedimentos nos cursos d´água e consequente aumento de taxa de assoreamento, redução da taxa de infiltração da água de chuva no solo além da

(cc) BY-NC

redução ou perda da capacidade de dissipação de energia gerada pela movimentação da água gerando, assim, erosões nas margens além de inundações (BARBOUR *et al*., 1999; CALLISTO *et al*., 2002; MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2006; TUNDISI, J.; TUNDISI, T., 2010; RODRIGUES *et al*., 2010; BEZERRA *et al*., 2016; FELIX *et al*., 2019).

A ausência de mata ciliar e suas consequências foi o cenário mais comum nas localidades estudadas. Em Iturama e Carneirinho ainda se apresenta um complicador uma vez que há córregos percolando o tecido urbano e com habitações a menos de 20 metros de distância. Em todas as localidades estudadas, há cursos d´água que são eixos de drenagem pluvial urbana. Em Iturama, são os córregos Santa Rosa e Quati; em União de Minas, ambos os córregos (da Viúva e Traquínia) desempenham este papel e em Carneirinho, na sede, tanto o córrego Mutuca como o Olho d´Água formam a base da bacia de drenagem pluvial urbana. Por último, no distrito de São Sebastião do Pontal, pertencente ao município de Carneirinho, o córrego "sem nome" desempenha tal função.

Não respeitar a área de várzea no ambiente urbano e rural é uma realidade na maioria dos municípios brasileiros. Os mesmos cenários, verificados no presente trabalho, também foram apontados por Bezerra *et al.* (2016) na bacia hidrográfica do córrego da Onça, no município de Três Lagoas/MS e por Krupek (2010) na bacia hidrográfica do rio Cascavél, em Guarapoava/PR além de outros estudos em mananciais de diferentes localidades no Brasil (CORDEIRO *et al*., 2017; SUTIL *et al*., 2018).

Apesar dos diversos instrumentos legais e ferramentas introduzidos pelo Estatuto da Cidade, promulgado há quase 20 anos, para a gestão dos municípios brasileiros, como a lei do uso e ocupação do solo, os planos diretores e os planos municipais de saneamento, tem-se que frequentemente o processo de urbanização vem ocorrendo de forma desordenada e sem os rigores legais. Um exemplo é a ocupação das áreas de várzea, como os exemplos supracitados, onde mesmo com o devido amparo legal do Código Florestal (BRASIL, 2012a; 2012b) e das Resoluções nº 274/2000, 357/2005 e 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2000, 2005, 2011) se verifica o comprometimento do equilíbrio ambiental dos sistemas hídricos gerando impactos profundos na comunidade de diversos municípios brasileiros (MOSCARELLI; KLEIMAN, 2017).

(cc) BY-NC

O uso dos PARs em mananciais hídricos permite tanto a elaboração de um ranking de cursos d´água ou de trechos com prioridade para ações de recuperação de áreas degradadas como o monitoramento dos resultados obtidos com a execução das ações planejadas. Considerando as limitações de recursos humanos, financeiros e logísticos dos municípios e, em especial daqueles de pequeno porte, tem-se que um mapeamento de prioridades é adequado tanto para o planejamento estratégico como tático e operacional dos planos de ação sobre os recursos hídricos municipais.

Nesse contexto, os resultados obtidos permitiram a realização de diversos mapeamentos e ranqueamentos. Em Iturama, o córrego Quati foi o que apresentou a menor pontuação média (31,6 pontos) caracterizando um curso d'água com elevada influência antrópica. Este manancial deveria ser o prioritário, em termos de planejamento e execução de qualquer plano de ação de recuperação de área degradada. Também classificado como um manancial com elevada influência antrópica, em segundo lugar tem-se o córrego Retirinho, apresentando uma média igual a 35,6 pontos. O córrego Santa Rosa apresentou a pontuação média de 41,0 pontos ocupando a terceira posição no ranking dos 4 mananciais avaliados. Embora esse córrego percorra todo o tecido urbano, no sentido norte-sul, foi classificado como de moderada influência antrópica (FIGURA 1D). Por último, com 74,7 pontos, o córrego Tronqueiras foi classificado como sem influência antrópica. Esta caracterização é oportuna uma vez que a água para o abastecimento municipal é captada desse manancial.

Os resultados do PAR/AER também permitem localizar trechos de um mesmo curso d´água onde seriam prioritárias as atividades de recuperação de área degradada. Na Figura 1D, por exemplo, no córrego Quati em Iturama, o trecho próximo a sua nascente (EO1=27,3 pontos) é mais prioritário em relação aos demais trechos embora também estivessem em situação crítica (EO2=32,7 pontos e EO3=34,8 pontos).

Da mesma forma, podem ser definidos trechos prioritários nos demais mananciais avaliados, a saber; os trechos das EO4 e EO5 no córrego Santa Rosa e o trecho da EO1 no córrego Retirinho (FIGURA 1D, TABELA 1).

O córrego Tronqueiras não percola o tecido urbano, mas recebe influência da área de expansão urbana onde há empreendimento com elevado potencial poluidor (frigorífico). Sua importância para o município reside no fato de que suas águas abastecem o município de

(cc) BY-NC

Iturama. A AER revelou as maiores pontuações de todos os mananciais estudados (EO1=68,6 e EO2=89,0) caracterizando seus trechos como sem influência antrópica, ou seja, com clara distinção deste manancial com os demais cursos d´água avaliados na área urbana de Iturama.

Em União de Minas, ambos mananciais foram caracterizados como de moderada influência antrópica. No entanto, o córrego da Viúva seria priorizado para ações de recuperação, devido obter 56,7 pontos em contrapartida aos 60,3 pontos do córrego Traquínia.

Em Carneirinho, na sua sede, a avaliação em apenas uma EO no córrego Olho d´Água inviabiliza seu ranqueamento. No córrego Mutuca tem-se que a região no entorno das EOs 2 e 3 seriam as prioritárias para a execução de ações de recuperação de área degradada devido à pontuação revelada (FIGURA 1A, TABELA 3).

No distrito de São Sebastião do Pontal, também no município de Carneirinho, o córrego "sem nome" com 39,7 pontos foi classificado como sob elevada influência antrópica enquanto que o córrego Bebedouro ficou em segundo lugar com pontuação média igual a 47,7 pontos e moderada influência antrópica.

No córrego "sem nome" o trecho prioritário é o primeiro (EO1=38,0 pontos) -já no córrego Bebedouro o trecho prioritário para ações de recuperação ambiental seria o segundo (EO2=38,2 pontos).

Embora o progresso e a urbanização intensifiquem os diversos usos da água, esses processos não devem justificar a degradação ambiental, inclusive das bacias hidrográficas. Pelo contrário, segundo Tundisi (2008), os gestores devem objetivar uma gestão integrada, preditiva e em nível de bacia hidrográfica. Nesse contexto, o diagnóstico dos cenários dos mananciais é fundamental e a base para o planejamento das ações de preservação e recuperação ambiental.

4 CONCLUSÃO

A validação do uso do PAR como ferramenta para o planejamento e monitoramento das ações de recuperação de áreas degradadas de mananciais colabora para o sucesso das ações de preservação dos recursos hídricos locais.

Considerando o baixo custo operacional e a mínima exigência formativa dos recursos humanos envolvidos para a aplicação dessa ferramenta, tem-se que o PAR seja

(cc) BY-NC

adequado, especialmente, para o uso em municípios de pequeno porte onde os recursos financeiros, logísticos e humanos são bastante limitados.

O mapeamento de mananciais e de áreas prioritárias para ações de recuperação ambiental colabora para a melhor adequação logística e orçamentária dos municípios contribuindo, assim, para os planejamentos, tático e operacional, dos planos de ação de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

BARBOUR, M.T. *et al*. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers**: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2.st. Washington: EPA, 1999. EPA 841-B-99-002.

BEZERRA, A.D.M. *et al.* Aplicação de Protocolos de Avaliação de Rios (PAR´s) na caracterização da qualidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego da Onça, no ano de 2016, município de Três Lagoas, MS. **Rev. Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v.13, n.1, p. 2092-2106, 2016.

BICUDO, C.E. M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

BIZZO, M.R.O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S.F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais**, Niterói, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2014.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, E.C.M. Monitoramento da quantidade e qualidade das águas. *In*: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.) **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e Conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p. 145-160.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 10 jul. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 out. 2012b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em 10 jul. 2020.

(cc) BY-NC

CALLISTO, M. *et al*. Aplicação de um protocolo de avaliação ecológica rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnol. Bras.**, Rio Claro, v.14, n.1, p. 91-98, 2002.

CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramentas para o manejo, gestão e conservação ambiental. *In*: SIMPÓSIO SUL DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, 9, 2006, Erechim. **Anais** [...]. Erechim: URI-Erechim, 2006. p.67-78.

CÁNEPA, E.M.; PEREIRA, J.S.; LANNA, A.E. Água e economia. *In*: Bicudo, C.E.M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Org.). **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 43-54.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jan. 2001. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272. Acesso 10 jul. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459. Acesso 10 jul. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646. Acesso em: 10 jul. 2020.

CORDEIRO G.G. *et al.* Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro Oeste do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 702-710, 2017.

FELIX, R.R.O.M.; ALVES, V.; LIMA, J.P. Gestão do uso do solo no entorno do Rio Sapucaí em Itajubá (MG). **Urbe-Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v.11, 2019. (e20170180). DOI: https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.ao02.

FRANÇA, L.O.; RODRIGUES, A.S.L.; Malafaia, G. Diagnóstico ambiental do córrego do Açude, Orizona-GO por meio de um protocolo de avaliação rápida de rios. **Revista Tropica**: **Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 7, n. 1, p. 32-44, 2013.

HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. Training reduces observer viriability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, Chicago, v. 16, n. 4, p.853-860, 1997.

(cc) BY-NC

HASSAN, A. M.; LEE, H. Toward the sustainable development of urban areas: an overview of global trends in trials and policies. **Land Use Policy**, Amsterdam, v. 48, 2015, p. 199-212. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.04.029

KRUPEK, R.A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 147-158, 2010.

MINATTI-FERREIRA, D.D.; BEAUMORD, A.C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Três Lagoas, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.

MOSCARELLI, F.; KLEIMAN, M. Os desafios do planejamento e gestão urbana integrada no Brasil: análise da experiência do Ministério das Cidades. **Urbe-Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 157-171, 2017.

O'DONNELL, T. *et al.* **If we want livable cities in 2060 we'll have to work together to transform urban systems**. 2019. Disponível em: https://phys.org/news/2019-08-livable-cities-urban.html?utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=Phys.org_TrendMD_1. Acesso em: 10 jul. 2020.

PEDROSO, L.B.; COLESANTI, M.T.M. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios em uma microbacia hidrográfica localizada ao sul de Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 248–262, 2017.

PLAFKIN, J.L. *et al.* **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers**: benthic macroinvertebrates and fish. Washington, D.C: Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, 1989. EPA 440-4-89-001. Disponível em: https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf. Acesso 20 jun. 2020.

RODRIGUES, A.S.L.; MALAFAIA, G.C.; CASTRO, P.T.A. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 10, n. 1, p. 74-83, 2008.

RODRIGUES, A.S.L.; MALAFAIA, G.C.; CASTRO, P.T.A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. **Sabios-Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 26-42, 2010.

RODRIGUES, A.S.L. *et al.* Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 231-244, 2012.

(cc) BY-NC

STAMM, C. *et al.* A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 14, n. 2, p. 251-265, 2013.

SUTIL, T. *et al.* Análise da qualidade hídrica do Rio Tega, Caxias do Sul-RS, Brasil. **R. gest. sust. ambient**., Florianópolis, v. 7, n. 2, 2018, p. 124-142. DOI: http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018124-142

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p.97-112, 2008. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943. Acesso em: 20 jun. 2020.

TUCCI, C.E.M. Urbanização e recursos hídricos. *In*: BICUDO, C.E. M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Org.). **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 113-128.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf. Acesso 20 jun. 2020.

TUNDISI, J.G. **Recursos hídricos no Brasil**: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Potencial impacts of changes in the Forest Law in relation to water resources. **Biota Neotrop.**, Campinas, v.10, n.4, 2010, p.67-75. Disponível em: http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?article+bn01110042010. Acesso em: 9 jul. 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Dynamics. **Urban and rural areas**. 2014. Disponível em: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2014-Urban-Rural%20Areas-Wallchart.pdf. Acesso: 20 jun. 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Dynamics. **World urbanization prospects 2018**: population of urban and rural areas at mid-year (thousands) and percentage urban. 2018. Disponível em: https://population.un.org/wup/Download/. Acesso: 20 jun. 2020.

AGRADECIMENTOS

Às prefeituras municipais e câmaras de vereadores dos municípios avaliados; à Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais; às diretorias das Escolas Estaduais que participaram e ao Rotary Club de Iturama pelo apoio, confiança, autorização e parceria na divulgação e realização das atividades deste trabalho.

(cc) BY-NC