

Avaliação da integridade ambiental de rio em área de zoneamento urbano: uso do rap e análise laboratorial

Evaluation of the environmental integrity of river in an urban zoning area: use of the rap and laboratory analysis

Evaluación de la integridad ambiental de río en área de zonificación urbana: uso del rap y análisis de laboratorio

Recebido: 10/06/2020 | Revisado: 27/06/2020 | Aceito: 28/06/2020 | Publicado: 11/07/2020

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7177-380X>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: suzana.loures@ifgoiano.edu.br

Cleide Sandra Tavares Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5080-6465>

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

E-mail: cleide.araujo@ueg.br

Antônio Lázaro Ferreira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1252-8780>

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

E-mail: antoniolazaros@gmail.com

Hélen Cristine de Rezende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1409-9019>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: helencristinerezende@yahoo.com.br

Túlio Natalino de Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5169-2156>

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

E-mail: tulio.matos@cepeduc.com

Resumo

O grande avanço tecnológico seguido do econômico e social tem buscado por recursos naturais para suprir tais desenvolvimentos. No caso tem se os recursos hídricos como um aporte fundamental para tais atividades, seja no âmbito urbano ou rural. As cidades foram

desenvolvidas a margem de rios, com seu desenvolvimento em alguns casos acabaram por poluir e degradar tais recursos naturais. Uma grande ferramenta de análise de danos aos cursos hídricos pode ser obtida via aplicação dos Protocolos de Avaliação Rápida de rios (PAR) e a partir deste é possível averiguar o quanto as atividades antrópicas estão ou não pressionando este recurso natural. Quando associado a parâmetros físico-químicos o diagnóstico pode se tornar mais efetivo. No presente trabalho o trecho do rio Antas da cidade de Anápolis foi monitorado com o PAR, incorporando as pesquisas de Rodrigues (2008) e Guimarães (2012). Ademais, foi realizada análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos com objetivo de averiguar pontos de degradação, ou seja indicativos de poluição antrópica e correlação com as variáveis físico- químicas. Este estudo permite-se concluir que o PAR é imprescindível a estudos de impactos ambientais para corpos hídricos.

Palavras-chave: Impacto ambiental; Análise físico- química; Recursos hídricos.

Abstract

The great technological advance followed by the economic and social has sought natural resources to supply such developments. In this case, water resources are a fundamental contribution to such activities, whether in urban or rural areas. Cities were developed on the banks of rivers, with their development in some cases ending up polluting and degrading these natural resources. A great tool for the analysis of damage to water courses can be obtained by applying the Rapid River Assessment Protocols (RAP) and from this it is possible to ascertain how much anthropic activities are or are not pressing this natural resource. When associated to physical-chemical parameters the diagnosis can become more effective. In the present work the stretch of the Antas River in the city of Anápolis was monitored with the PAR from previous studies of Rodrigues 2008 and Guimarães 2012 accompanied by laboratory analysis of physical-chemical parameters. From the same it was possible to ascertain points of degradation and also with correlation of physical-chemical variables. From this study, it is possible to conclude that the RAP is essential to studies of environmental impacts for water bodies.

Keywords: Environmental impact; Physical-chemical analysis; Water resources.

Resumen

El gran avance tecnológico seguido del económico y social, ha buscado recursos naturales para suplir tales desenvolvimientos. En este caso, los recursos hídricos son un aporte fundamental para tales actividades, sea en el ámbito urbano o rural. Las ciudades fueron desarrolladas al margen de

los ríos, con su desarrollo en algunos casos, acabando por contaminar y degradar tales recursos naturales. Una gran herramienta de análisis de daños a los recursos hídricos puede ser obtenida por medio de la aplicación de los Protocolos de Evaluación Rápida de ríos (PER) Y a partir de este es posible saber cuánto, las actividades humanas, están o no presionando este recurso natural. Cuando es asociado a parámetros físico-químicos, el diagnóstico puede volverse más efectivo. En el presente trabajo, el trecho del Río Antas de la ciudad de Anápolis, fue monitoreado con el PER, en base a los estudios previos de Rodrigues en el 2008 y Guimarães en el 2012, acompañado del análisis de laboratorio de parámetros físico-químicos. A partir de este, fue posible saber los puntos de degradación y también en conjunto con las variables físico-químicas. A partir de tal estudio, se puede concluir, que PER es imprescindible a estudios de impactos ambientales para cuerpos hídricos.

Palabras clave: Impacto ambiental; Análisis físico-químico; Recursos hídricos.

1. Introdução

O elevado crescimento econômico e das cidades culminaram a uma intensa pressão sobre os recursos hídricos nas últimas décadas, o que traduz-se por uma série de impactos relacionados a qualidade e a disponibilidade das águas no Brasil (Philippi & Martins, 2005; Collischonn & Tassi, 2010; Von Sperling, 2005; Antunes, 2012). Verifica-se também nas áreas urbanas uma grande concentração de esgotos clandestinos e canais de lançamento de rejeitos em cursos d'água urbanos. Os recursos hídricos, em si, possuem capacidade de diluir e assimilar a matéria orgânica decorrente da poluição disposta sobre eles, devido à atuação da microbiota presente nas águas, o que os confere a capacidade de autodepuração. Contudo, tal capacidade é limitada, e quando o volume de matéria é muito grande, a exemplo dos efluentes domésticos dispostos in natura, a qualidade hídrica é afetada severamente (Von Sperling, 2005; Rocha, 2013)

Dentre o conjunto de técnicas atuais utilizadas para monitorar o ambiente e os recursos hídricos, destaca-se o uso dos protocolos de avaliação rápida de rios (PAR), que por definição, os PARs são documentos de referência que reúnem procedimentos metodológicos aplicáveis à avaliação rápida, qualitativa e semi-quantitativa, de um conjunto de variáveis representativas dos principais componentes e fatores que condicionam e controlam os processos e funções ecológicas dos sistemas fluviais (Rodrigues, Malafaia, Costa, & Nalini-Jr, 2012). Além disso os PARs caracterizam-se por serem sistemas de avaliação qualitativa rápida de cursos d'água superficiais que, em âmbito geral, indicam a qualidade ambiental dos

cursos d'água e seus respectivos entornos/ambientes. Esta modalidade de avaliação e análises é realizada *in loco*, isto é, no exato local de ocorrência dos fenômenos analisados conforme traz o estudo de Bizzo et al., 2014. Concomitantemente a aplicação do PAR as análises físico-químicas laboratorial e especificamente a análise instrumental com o uso do Espectrômetro de Absorção Atômica com Chama (FAAS) a fim de detectar a presença de alguns íons metálicos, uma vez que, as introduções destas espécies em sistemas aquáticos ocorrem naturalmente através de processos geoquímicos, como intemperismo de solos e rochas e por meio de fontes antropogênicas, tornam se essenciais e corroboram os dados coletados conforme o PAR (Ebrahimpour & Mushrifah, 2018).

Os protocolos podem ser continuamente aplicados, na medida em que ocorre a intensificação de atividades de uso e ocupação do solo em áreas de bacias hidrográficas, gerando a degradação de cursos d'água e seus respectivos entornos. Portanto, tratam-se de métodos de avaliação contínuos. Em vista da necessidade de se desenvolver e testar métodos que auxiliem o monitoramento da qualidade dos rios, e da importância de se compreender os padrões globais que determinam a qualidade dos sistemas lóticos, é indispensável o desenvolvimento e divulgação de estudos que se utilizam da metodologia da avaliação ecomorfológica dos rios associado a estudos de parâmetros físico-químicos, considerada uma ferramenta adequada no manejo e conservação dos sistemas naturais. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de aplicar o PAR desenvolvido por Guimarães, Rodrigues & Malafaia, 2012, para a avaliação e monitoramento em um trecho urbano do Ribeirão das Antas da cidade de Anápolis-GO. Além disto, registrar as alterações verificadas em alguns trechos, decorrentes do notório crescimento urbano da cidade de Anápolis-GO às margens dos principais cursos d'água que a cortam.

2. Metodologia

2.1 Estudo de caso qualitativo e quantitativo aplicados nas aulas sobre Poluição de Recursos Hídricos Urbanos

Utilizou-se a metodologia de estudo de caso quali- quantitativo para inserir a pesquisa e extensão nas aulas da disciplina Poluição de Recursos Hídricos Urbanos do Curso de Especialização (*Lato Sensu*): Engenharias, Tecnologias e Sustentabilidade Urbana, oferecido pela Universidade Estadual de Goiás (UEG-GO), Campus Ciências Exatas e Tecnológicas Dr. Henrique Santillo, Anápolis-GO. A ementa desta era constituída dos seguintes temas Água:

Importância e o meio ambiente e os caminhos da poluição; Definição, estrutura, solvente universal, fórmula, ligação; Reservas hídricas, distribuição, recursos hídricos urbanos; O ciclo hidrológico; Políticas Públicas (país, estado); Índices de qualidade de água; Parâmetros físicos e químicos; Solubilidade, Kps, Constituintes orgânicos e Inorgânicos; Coleta/Amostragem; ETA (Estação de Tratamento de Água); ETE (Estação de Tratamento de Esgoto); Balneabilidade; Normatização conforme ANA, CETESB, SANEAGO, CONAMA 357/2005.

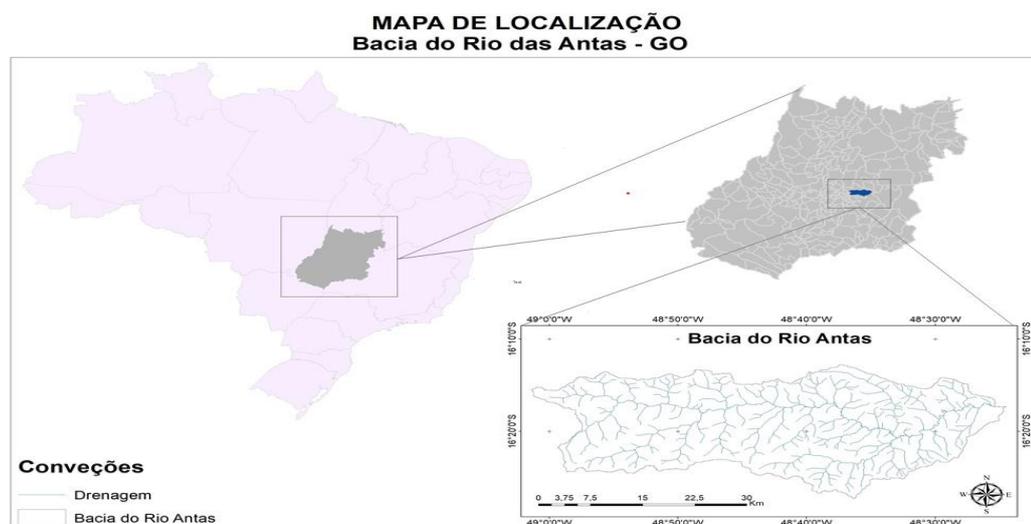
Após essas informações e também leituras críticas de artigos sobre condições ambientais de córregos/rios urbanos, tais como Bregunze et al., 2011; Lucas et al., 2010; Okano & Gonçalves, 2013; Carvalho & Queija de Siqueira, 2011; Souza et al., 2014; França et al., 2013; Rodrigues et al., 2008. Os pós-graduandos, mesmo que com formações de diversas áreas, foram instruídos a captar informações conforme estabelecidas no Protocolo de Análise Rápida de rios elaborado a partir do PAR de Rodrigues & Castro, 2008a e Guimarães et al., 2012. Logo, voltou-se o ensino pautado em estudo de caso qualitativo conforme discutido por Ludke & Andre, 2013. O PAR, previamente explicado foi aplicado em visita à campo ao trecho urbano do Ribeirão das Antas da cidade de Anápolis-GO (Tabela 1 e Figura 2). Além disto, discutiu as alterações verificadas em alguns trechos, decorrentes do notório crescimento urbano da cidade de Anápolis-GO às margens dos principais cursos d'água que a cortam, bem como destaca a importância do uso.

Concomitante as investigações qualitativas nos trechos do curso d'água fez-se uso da abordagem quantitativa, não excluindo a importância de uma ou outra mas trabalhando em consonância, conforme relata Yin, 2015. Em que realizou análises *in situ* e coleta de amostras para análises físico- químicas em laboratório. Dessa forma foi possível obter um conhecimento *in situ* qualitativo e quantitativo do local a partir dos resultados de parâmetros físico- químicos preconizados na literatura.

2.2 Área de estudo

Anápolis é uma cidade do estado Goiás localizada na Região Centro-Oeste do Brasil, com área de 1078,2 Km² com altitude de 1017 m e coordenadas geográficas de 16°19' 36''S e 48°57' 10''W. A Microbacia do Rio das Antas é a de maior representatividade areal do município. De sudoeste a nordeste do município, possui extensão de 27,68 km em seu trecho urbano com declividade média de 0,51%. Estudos realizados neste rio demonstraram que a largura transversal do mesmo varia de 2 m a 10 m e a profundidade média oscila entre 0,30 m a 1,10 m, de acordo com Côrrea, 2005, conforme Figura 1.

Figura 1: Área de estudo na bacia Rio Antas.



Fonte: Autores (2017).

Verifica-se ao longo do trecho do rio, áreas com e sem rede de esgoto, áreas com ausência de sistema de drenagem urbana estruturada e áreas com ausência de mata ciliar na sua maioria, sendo então selecionados apenas pontos no meio urbano para aplicação do PAR de rio de baixo curso, dado Tabela 1.

Tabela 1: Pontos e coordenadas geográficas dos trechos do córrego Antas estudados na cidade de Anápolis-GO.

Identificação	coordenadas geográficas	altitude (m)
1	-16°23'29,24''S; -48°58'20,44'' W	1068,00
2	-16°21'11,41''S; -48°58'20,32''W	1004,00
3	-16°20'43,92S; -48°58'07,25''W	997,00
4	-16°19'27,02''S; -48°56'49,04''W	1008,00
5	-16°19'01,03''S; -48°56'16,03''W	963,00

Fonte: Autores (2017).

Esses pontos trazidos na Tabela 1 se referem aos locais em que se aplicou o PAR assim como ocorreu as análises *in situ* e coleta de amostras. O ponto 1 é a nascente do rio no

perímetro urbano, porém com conservação de vegetação ao redor e água límpida. Segue-se ao ponto 2, com uma forte incidência de atividades antrópicas, porém um local que água com grande volume e correnteza. Já no ponto 3, o trecho é alargado, com profundidade baixa e não percebeu à presença de peixes, anfíbios, baixa velocidade da água, porém límpida. Já no ponto 4, há incidência muito forte de poluição pontual de rede de esgoto doméstico, impactos antrópicos como muito lixo na água e este é após um grande percurso do rio canalizado que corta o centro da cidade. Enquanto o ponto 5 não percebeu a presença de lixos domésticos e nem esgotos domésticos, porém as margens uma grande incidência de lixo de construções.

2.3 Protocolo de avaliação rápida (PAR) de rios

Estudos já realizados utilizando o PAR em rios proporcionaram a avaliação rápida e de baixo custo para elencar características macroscópicas dos cursos d'água que refletem diretamente na qualidade ambiental dessas águas urbanas. O PAR utilizado neste trabalho, baseia-se no que Rodrigues & Castro (2008 a), elaborou e aplicou num rio de baixo curso. O questionário utilizado se deu a partir dos PARs aplicados por Rodrigues & Castro (2008 a) e Guimarães et al. (2012) e foi denominado de protocolo adaptado de avaliação ambiental para o trecho urbano do rio Antas (Tabela 2)

Tabela 2: protocolo adaptado de avaliação ambiental para o trecho urbano do rio Antas.

Análise ambiental e físico-química do curso d'água "córrego Antas – Anápolis-GO		
Ponto de análise _____		
Parâmetro 1: Características do fundo do córrego		
Ótima (10 pontos)	Boa (5 pontos)	Ruim (0 pontos)
Existem galhos ou troncos, cascalhos (pedras), folhas e plantas aquáticas no fundo do córrego	Há poucos galhos ou troncos, cascalhos (pedras) no fundo do córrego	Não existem galhos ou troncos, cascalhos (pedras), folhas e plantas aquáticas no fundo do córrego
Parâmetro 2: Sedimentos no fundo do rio		
Não se observa acúmulo de lama ou areia no fundo	Observa-se a presença de lama ou areia no fundo do	O fundo do córrego apresenta muita lama ou

do córrego. O fundo do rio está normal	córrego, mas ainda é possível ver as pedras e plantas aquáticas em alguns trechos.	areia, cobrindo galhos, troncos, cascalhos (pedras). Não se observa abrigos naturais para os animais se esconderem ou reproduzirem
Parâmetro 3: Ocupação das margens do córrego		
Existem plantas nas duas margens do córrego, incluindo arbustos (pequenas árvores) e árvores.	Existem campos de pastagem (pasto) ou plantações.	Existem residências (casas), comércios ou indústrias bem perto do córrego.
Parâmetro 4: Erosão		
Não existe desmoronamento ou deslizamento dos barrancos do rio	Apenas um dos barrancos do rio está desmoronando	Os barrancos dos rios, nas duas margens, estão desmoronando. Há muitos deslizamentos
Parâmetro 5: Lixo		
Não há lixo no fundo ou nas margens do córrego	Há pouco lixo doméstico no fundo ou nas margens do rio (papel, garrafas pet, plásticos, latinhas de alumínio, etc.)	Há muito lixo no fundo ou nas margens do córrego
Parâmetro 6: Alterações no canal do córrego		
O córrego apresenta canal normal, Não existem construções que alteram a paisagem	Em alguns trechos do córrego as margens estão cimentadas, ou existem pequenas pontes.	As margens estão todas cimentadas, existem pontes ou represas no córrego. Alterações na paisagem são evidentes
Parâmetro 7: Esgoto doméstico ou industrial		
Não se observam canalizações de esgoto doméstico ou industrial	Existem canalizações de esgoto doméstico ou industrial em alguns trechos do córrego	Existem canalizações de esgoto doméstico e industrial em um longo trecho do córrego ou em vários trechos

Parâmetro 8: Oleosidade da água		
Não se observa		Observam-se manchas de óleo na água
Parâmetro 9: Plantas aquáticas		
Observam-se plantas aquáticas em vários trechos do córrego	Existem poucas plantas aquáticas no córrego	Não se observa plantas aquáticas no córrego
Parâmetro 10: Animais		
Observam-se com facilidade peixes, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas) ou insetos aquáticos no trecho avaliado.	Observam-se apenas alguns peixes, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas) ou insetos aquáticos no trecho avaliado.	Não se observa peixes, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas) ou insetos aquáticos no trecho avaliado.
Parâmetro 11: Odor da água		
Não tem cheiro.		Apresenta um cheiro de esgoto (ovo podre), de óleo e/ou de gasolina

Fonte: Rodrigues & Castro (2008 a) e Guimarães et al. (2012).

A Tabela 2 demonstra cada parâmetro dos 11 que são selecionados como estratégicos para monitoramento de impactos ambientais em trechos de rios. Os mesmos foram marcados a partir da visita à campo dos locais, Tabela 1, previamente selecionados. A Atribuição dos scores para cada parâmetro era decrescente da esquerda para direita, dessa forma trazendo um diagnóstico local, ou geral desses parâmetros para o curso d'água estudado. Após o preenchimento feito por todos os envolvidos os dados foram tabulados utilizando o software *Excel*®.

2.4 Análises das variáveis físico-químicas da água do Rio Antas

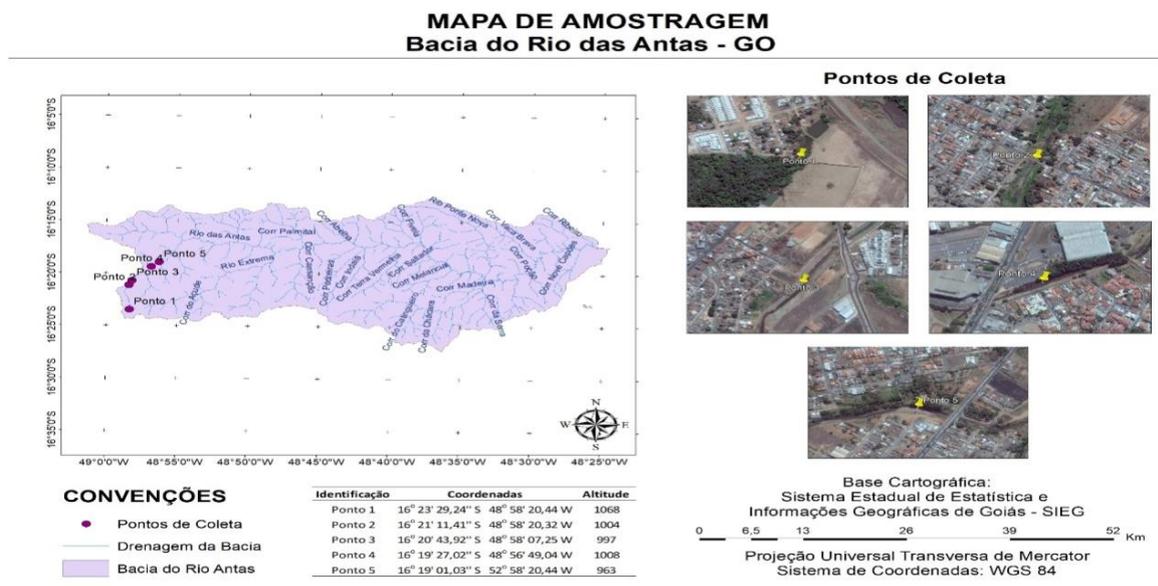
As variáveis físico-químicas foram mensuradas *in situ* com a sonda multiparamétrica (marca DIGIMED), sendo quantificado o pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e a variável biológica, clorofila-a. Determinou-se os teores de amônia, cloreto e dureza total utilizando os kits ALFAKIT®, conforme a metodologia de Standard Method (APHA, 1995). Na determinação das concentrações dos íons chumbo, zinco, ferro,

cobre e crômio utilizou-se o Espectrômetro de Absorção Atômica com Chama (FAAS), Perkin Elmer, Analyst 400 (Massachusetts, USA) em condições de referência.

3. Resultados e Discussão

A avaliação foi aplicada em Setembro de 2017 no período de seca para esta região, sendo analisado cinco pontos no Rio Antas, perímetro urbano da cidade de Anápolis-GO (Figura 2).

Figura 2: Locais de coleta de amostras no trecho Rio Antas.



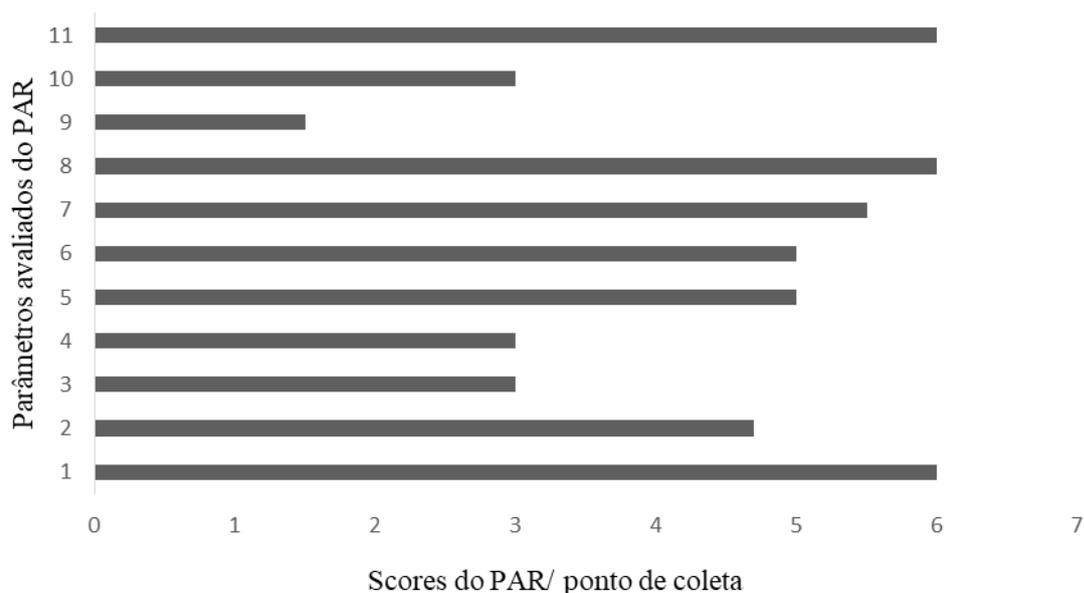
Fonte: Autores (2017).

O resultado final do PAR foi obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro avaliado, sendo a pontuação final a condição ambiental *in situ* desse corpo d'água, no trecho avaliado. Guimarães *et al.*, 2012, ao elaborar o PAR adaptado de Rodrigues *et al.*, 2008 e Barbou *et al.*, 1999, estabeleceu que os trechos cujas pontuações, quando somadas encontram-se no intervalo entre 71 e 110 deverão ser considerados “ótimos” (ou seja, refletem uma condição natural ou com pouca alteração antrópica), quando no intervalo entre 31 e 70, “bons” e quando no intervalo entre 0 e 30, “ruins”. A condição geral do trecho estudado foi obtida pela somatória de todos os parâmetros, sendo o mesmo igual à 48,7, refletindo a condição “boa” para o trecho avaliado.

Na Figura 3 têm-se os valores médios para cada parâmetro avaliados ao longo do trecho do Rio Antas. Os parâmetros numa perspectiva individual, retratam que apenas cinco

dos onze parâmetros, apresentaram maior preservação ambiental ou seja pontuação média acima de cinco, entre estes têm-se as características do fundo do rio (parâmetro 1); Parâmetro 5: Lixo; quanto a incidência de esgoto doméstico ou industrial (parâmetro 7), a percepção de manchas de óleo (parâmetro 8) e o odor da água (parâmetro 11).

Figura 3: Pontuação atribuída a cada parâmetro do PAR utilizado.



Nota: Parâmetro 1: Características do fundo do rio; Parâmetro 2: Sedimentos no fundo do rio; Parâmetro 3: Ocupação das margens do rio; Parâmetro 4: Erosão; Parâmetro 5: Lixo; Parâmetro 6: Alterações no canal do riacho; Parâmetro 7: Esgoto doméstico ou industrial; Parâmetro 8: Oleosidade da água; Parâmetro 9: Plantas aquáticas; Parâmetro 10: Animais; Parâmetro 11: Odor da água. Fonte: Autores (2017).

Para as características do fundo do rio, nos trechos avaliados apenas, um ponto do trecho (alto curso), apresentou maior conservação do substrato e habitat, outros quatro pontos, considerados de médio curso, se mostraram condições moderadas de substrato e habitat, por isso este parâmetro em média apresentou pontuação igual à 6. Em relação ao parâmetro 6, apesar de ter tido uma boa pontuação, acima de 5, o mesmo retrata alterações do canal, parte do trecho analisado foi canalizado.

Os parâmetros 7, 8 e 11 indicam a presença de fontes pontuais de poluição, como descarte de esgoto in natura no curso do rio, presença de mancha de óleo e odor da água. Apenas em dois de cinco pontos do trecho avaliado para os respectivos parâmetros tiveram avaliação ruim (0-4). Neste sentido, ainda pode ser considerado uma situação de menor impacto ambiental, por se tratar de trecho situado em perímetro urbano. Em relação estes pontos têm-se residências próximas a margem do Rio, pode-se dizer que se encontram na

APP do Rio Antas. E os demais pontos (três), não tiveram essa detecção, são pontos que não apresentaram essas poluições.

Os parâmetros que foram avaliados com pontuação inferior a cinco ou seja que representa situação ambiental ruim, estão voltadas para os parâmetros 3 (Ocupação das margens do rio); parâmetro 4 (Erosão), parâmetro 9 (Plantas aquáticas) e o parâmetro 10 que se refere a presença de animais. A situação qualitativa demonstrada pelo PAR aplicado conseguiu evidenciar o que segundo Esteves (2011) pode vir ocorrer, as alterações físico-químicas da água estão relacionadas as características físicas do corpo hídrico. Concomitante a esta avaliação qualitativa foi possível realizar quantificações de variáveis físico-químicas neste estudo, foram quantificadas corroborando os resultados obtidos pelo PAR. A Tabela 3, demonstra tais valores.

Tabela 3: Resultados obtidos nos pontos avaliados no mês de Setembro/2017.

Ponto de coleta	Principal Indicador de impacto ambiental (PAR)	T ° C	pH	OD(mgL ⁻¹)	Condutividade (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Clorofila -a (µgL ⁻¹)
1	Habitat monótono	19,6	6,22	5,73	17,7	3,62	1,58
2	Ausência de plantas aquáticas e animais	21,7	6,77	7,6	54,3	2,66	3,09
3	Alteração das condições naturais do Rio; canalização	23	6,83	8	77,7	1,93	0,17
4	Fontes pontuais de poluição, alteração do substrato e condições naturais da água	23	6,9	6,3	147	6,8	3,2
5	Alteração das condições naturais do rio, canalização. Fontes pontuais de poluição, alteração do substrato e condições naturais da água	24	7,3	7,3	148	5,7	3,19

Fonte: Autores (2017).

As variáveis físico-químicas (Tabela 3) em conjunto aos resultados do PAR (Figura 3) trazem a condição ambiental do trecho do Rio Antas analisado. A temperatura medida através da sonda multi-paramétrica, registrou valores entre 20 à 24 ° C, sendo maiores valores nos locais em que há incidência de pouca vegetação na margem do rio. O aumento desta, aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, ora afetando até a dissolução de gases (ex. Oxigênio dissolvido) e a liberação de gases com odores desagradáveis

(SPERLING, 2005), estes efeitos não foram registrados pelo PAR, por isso as pontuações dos parâmetros 8 e 11 deram acima de 5, conforme ver na Figura 2. Os valores de pH variaram entre 6,22 à 7,23, ao longo do trecho estudado, estes estão conforme o CONAMA 357/2005 que recomenda como critério para proteção da vida aquática, o pH numa faixa de 6,5 à 9.

Em relação aos teores de OD (mg.L^{-1}), os valores detectados foram de 5,73 a 7,3, sendo o menor valor para o ponto de alto curso, caracterizado como um ambiente lótico, porém com características boas de variáveis físicas. Já o maior valor de OD ($7,3 \text{ mg.L}^{-1}$), trata-se de um ponto de maior correnteza, porém com alteração das condições naturais do Rio tais como canalização e fontes pontuais de poluição. Mesmo assim, o CONAMA 357/2005 remete que um rio para ser considerado limpo deve apresentar taxas de OD de 8 à 10 mg.L^{-1} . A diminuição dos valores de oxigênio dissolvido pode ser ocasionada devido a atividades humanas como o lançamento de esgoto bruto (Pereira et al. 2010, Ascênsio 2008), e neste trabalho pode ser corroborado com os parâmetros 7, 8 e 11 do PAR, que indicaram pelo menos em dois pontos do trecho a presença de fontes pontuais de poluição, como descarte de esgoto in natura no curso do rio, presença de mancha de óleo e odor da água, pontuação atribuída como ruim (0-4).

O teor de condutividade se refere a habilidade da solução aquosa em conduzir corrente elétrica devido a presença de íons, de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, ambientes contaminados com esgotos domésticos ou industriais, apresentam condutividade de 100 à $10000 \mu\text{S/cm}$. E os valores obtidos para este estudo estão entre $17,7 \mu\text{S/cm}$ à $147 \mu\text{S/cm}$, os pontos que apresentaram valores acima de $100 \mu\text{S/cm}$, equivalem a trechos com atividades antrópicas mais evidenciadas (pontos de coleta 4 e 5), por isso no trecho analisado os parâmetros 3,4, 5, 6, 7, e 9 foram pontuados com baixos valores, sendo indicativos de condições ruins (Figura 3).

A turbidez também foi mensurada para este trecho, e seus valores estão voltados aos parâmetros de números 2 ao 7, que tiveram suas pontuações abaixo de cinco. Os respectivos valores de turbidez maiores, ($5,7$ e $6,8 \text{ NTU}$), deram-se para os pontos do médio curso do Rio Antas, equivalente ao centro urbano. A turbidez relaciona a limitação da penetração da incidência solar no ambiente e conseqüentemente pode levar características impróprias para o desenvolvimento ideal da biota aquática. A variável biológica, clorofila-a, é uma importante variável nos ecossistemas aquáticos, sendo o principal pigmento responsável pelo processo de fotossíntese. Pode ser considerada como um indicador do estado trófico dos ambientes aquáticos, pois indica a biomassa de algas presente no corpo hídrico (Esteves, 2011), porém numa água de Classe 1 deve apresentar esse dado até a $10 \mu\text{g/L}$, neste trabalho obteve valor

máximo de 3,19 $\mu\text{g/L}$ para o trecho em avaliação. Este também é corroborado com os resultados do PAR, que atribuiu condição ambiental boa para o curso do Rio Antas avaliado.

A água deste trecho pode ser considerada água mole em relação aos teores de dureza totais, retratando valores abaixo de 75 mg/L CaCO_3 . Enquanto os teores dos micronutrientes nitrogênio amoniacal variou de 0,12 à 2,42 mg/L e cloretos em torno de 3 mg/L . Conforme estabelece o CONAMA 357/2005 esse corpo hídrico pode ser classificado como de classe 1.

Em relação à quantificação dos metais (Tabela 4), podem estar associados a formação geológica do curso do Rio e não somente as alterações antrópicas que estão ocorrendo neste trecho avaliado, para este dado tempo.

Tabela 4: Resultados da quantificação dos metais obtidos por FAAS

Ponto de coleta	Pb^{2+} (mg L^{-1})	Zn^{2+} (mg L^{-1})	Fe^{3+} (mg L^{-1})	Cu^{2+} (mg L^{-1})	Cr^{3+} (mg L^{-1})
1	0,01	ND	0,05	ND	ND
2	0,01	ND	0,04	ND	ND
3	0,01	ND	0,04	ND	ND
4	0,01	ND	ND	ND	ND
5	0,01	ND	ND	ND	ND

*ND = não detectado. Fonte: Autores (2017).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, não foi detectado pelo equipamento valores referentes para os íons Zn^{2+} ; Cu^{2+} e Cr^{3+} . Os íons Pb^{2+} e Fe^{3+} aparecem em baixas concentrações. De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil 2005), tais valores encontrados não excederam os estipulados pela legislação, estando dentro dos limites estabelecidos pelo órgão que é de 0,30 mg L^{-1} de Fe^{2+} e 0,03 mg L^{-1} de Pb^{2+} para água doce, o que era esperado, haja visto que não há notificações de descarte de resíduos contendo componentes desta natureza neste curso fluvial que percorre a cidade.

4. Considerações Finais

Este trabalho permitiu avaliar a condição ambiental de forma macroscópica com a utilização da ferramenta de diagnóstico ambiental PAR para o Ribeirão das Antas, e a partir dos resultados das variáveis físico-químicas percebe-se que houve coerência entre estes e os dados obtidos pelo PAR, validando assim esta ferramenta como uma metodologia rápida e de

baixo custo para o analista ambiental. A presença de alguns íons metálicos foi detectada, porém ambas estão dentro dos parâmetros permitidos pelo órgão regulamentador em todos os pontos.

Esta metodologia é viável para inserir práticas docentes a nível de graduação e pós graduação, favorecendo uma aprendizagem proativa em que o discente é o sujeito autônomo de seu próprio conhecimento e a partir da habilidade adquirida pode-se aplicar em outros estudos.

Referências

Antunes, Ó. E. D. (2012). Análise multicritério em SIG para determinação de um índice especializado de pressão antrópica litoral: Casos de Espinho, Caparica e Faro. Dissertação (Mestrado)–Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. & Stribling, J. (1999) Rapid bio assessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2. ed. Washington: EPA, 339p.

Bizzo, M. R. de O., Menezes, J. & Andrade, S. F. de (2014). Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). Caderno de Estudos Geoambientais, 4(1), 05-13.

Brasil. (2005) Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: Acesso em: 8 dezembro 2019.

Bregunce, D., Jordan, E., Dziedzic, M., Maranhão, L. & Cubas, S. (2011). Avaliação da Qualidade da Água do Ribeirão dos Müller, Curitiba-PR. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 16 (3), 39–47.

Carvalho, G. L. & Queija de Siqueira, E. (2011) Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do Município de Goiânia – Goiás. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2 (1), 19–33.

Collischonn, W. & TASSI, R (2010). Introduzindo Hidrologia. Porto Alegre: IPH UFGRS,

Brasil.

Corrêa, F. M. (2005). Impactos Antrópicos Sobre a Qualidade das Águas no Rio das Antas na Área Urbana da Cidade de Anápolis – Goiás: Uma Abordagem Para Gestão Ambiental. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília. Brasília, Brasil.

Ebrahimpour, M., & Mushrifah, I. (2018). Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. *Environ Geol*, 54, 689-698.

Esteves, F. A. (2011). Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência.

França, L. D. O., Sueli, A. & Rodrigues, D. L (2013). Diagnóstico ambiental do córrego do Açude , Orizona-GO por meio de um protocolo de avaliação rápida de rios Environmental diagnostic of the Açude stream , Orizona-Go using a rapid assessment protocol., 32–44.

Guimarães, A., Rodrigues, A. S. L. & Malafaia, G. (2012). Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental. *Ambi-Agua*, Taubaté, 7(3), 241-260.

Lucas, A. A. T., Folegatti, M. V. & Duarte, S. N. (2010). Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14 (9), 937–943.

Ludke, M. & Andre, M. E. D. A. (2013). Pesquisa em educação: uma abordagem qualitativa. 2.ed. São Paulo: EPU.

Okano, S. F., & Gonçalves, B. B (2013). Ocupação de áreas de preservação permanentes dos canais fluviais em ambiente urbano do município de Jataí – go, 1, 73–89.

Phillippi, J.R., A. & Martins, G. (2005). Águas de abastecimento. In: Phillipi JR., A. (Org.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 117-180.

Rocha, J.R. (2013) Impactos das atividades antrópicas na qualidade das águas do rio Parnaíba

no meio urbano das cidades de Teresina-PI e Timon-MA. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil.

Rodrigues, A. S. L., Malafaia, G. & Castro, P. T. A. (2008). Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. *Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau, 10 (1), 74-83.

Rodrigues, A. S. L. & Castro, P. T. A. (2008 a). Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, 13 (1), 161-170.

Rodrigues, A. S. L., Malafaia, G., Costa, A. T. & Nalini-Júnior, H. A. (2012). 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, 7 (2), 231-244.

Souza, J. R. de, Moraes, M. E. B. de, Sonoda, S. L., & Santos, H. C. R. G. A (2014). Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. *REDE - Revista Eletrônica do Prodem*, 8(1), 26–45.

Sperling, M. V.(2005). *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 3ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Yin, R. K. (2015). *O Estudo de caso*. Porto Alegre: Bookman.

Lucas, A. A. T., Folegatti, M. V. & Duarte, S. N. (2010). Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14 (9), 937–943.

Ludke, M. & Andre, M. E. D. A. (2013). *Pesquisa em educação: uma abordagem qualitativa*. 2.ed. São Paulo: EPU.

Okano, S. F., & Gonçalves, B. B (2013). Ocupação de áreas de preservação permanentes dos canais fluviais em ambiente urbano do município de Jataí – go, 1, 73–89.

Phillippi, J. R., A. & Martins, G. (2005). Águas de abastecimento. In: Phillipi JR., A. (Org.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 117-180.

Rocha, J. R. (2013) Impactos das atividades antrópicas na qualidade das águas do rio Parnaíba no meio urbano das cidades de TeresinaPI e Timon-MA. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil.

Rodrigues, A. S. L., Malafaia, G., & Castro, P. T. A. (2008). Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, 10 (1), 74-83.

Rodrigues, A. S. L. & Castro, P. T. A. (2008 a). Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 13 (1), 161-170.

Rodrigues, A. S. L., Malafaia, G., Costa, A. T. & Nalini-Júnior, H. A. (2012). 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, 7 (2), 231-244.

Souza, J. R. de, Moraes, M. E. B. de, Sonoda, S. L., & Santos, H. C. R. G. A (2014). Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada , Sul da Bahia , Brasil. REDE - Revista Eletrônica do Prodema, 8(1), 26–45.

Sperling, M. V.(2005). Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Yin, R. K. (2015). O Estudo de caso. Porto Alegre: Bookman.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio - 35%

Cleide Sandra Tavares Araújo - 35%

Antônio Lázaro Ferreira Santos - 10%

Hélen Cristine de Rezende - 10%

Túlio Natalino de Matos - 10%