

BACIA DO RIO PARAIBUNA ENTRE AS ESTAÇÕES BS002 E BS017: DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Fernanda Deister Moreira^x, Emília Marques Brovini¹, Gabriela Detoni Fontes¹, Victória Abrahão Fonseca e Silva¹ & Celso Bandeira de Melo Ribeiro¹

(¹Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, S/n, Martelos, Juiz de Fora, MG, 36036-330; ^xAutor de correspondência: fernanda.deister@engenharia.ufjf.br)

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica pode ser compreendida como a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos e do planejamento urbano (Schiavetti & Camargo 2002). Neste contexto, a outorga sobre o uso da água de um determinado corpo hídrico, prevista pela Lei 9.433/97 - Política Nacional do Recursos Hídricos, mostra-se como peça fundamental para administração da quantidade e qualidade das águas de uma bacia, produzindo informações a respeito da sua disponibilidade hídrica (BRASIL 1997).

Estabelecer e monitorar a qualidade das águas de uma bacia é consequência de uma das diretrizes asseguradas pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual garante a população atual e futura ter água em qualidade e em quantidade adequadas para cada uso. A Agência Nacional de Águas (ANA) aderiu ao Índice de Qualidade das Águas (IQA) para avaliar a qualidade das águas brutas com finalidade de abastecimento público após tratamento.

Este estudo de morfometria e qualidade da água do Rio Paraibuna entre as estações fluviométricas BS002 e BS017 visa determinar parâmetros como a área e o perímetro da bacia, o índice de sinuosidade do curso d'água principal, o coeficiente de compacidade da bacia, o fator de forma da bacia, a classificação dos cursos d'água segundo o método de *Strahler*, tipos de solos predominantes na bacia e IQA.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul (AGEVAP), o rio Paraibuna apresenta vazão média de 179 m³/s e é o maior afluente em volume de água do Paraíba do Sul. Tem grande importância por ser o principal receptor dos efluentes da região de Juiz de Fora, sendo este um importante município da Zona da Mata Mineira, com aproximadamente 516.247 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010). A bacia estudada, bem como a nascente do rio Paraibuna encontram-se em região de Mata Atlântica (IBGE 2010).

Morfometria da bacia

A metodologia foi definida a partir da necessidade de compreender a bacia hidrográfica estudada. Por isso, por meio da interface *Earth Explorer*, obteve-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) da região estudada. A delimitação da bacia do rio Paraibuna foi feita através do *software* ArcGis 10.3 e seu aplicativo ArcMap, via ferramenta *Hydrology* para gerar os mapas de tipo de solo e classificação dos cursos d'água. Através do ArcGis também se tornou possível obter informações a respeito de área e perímetro da bacia.

O fator de forma (Kf), o coeficiente de compacidade (Kc) e o índice de sinuosidade (Is) foram manualmente calculados através das relações:

$$Kf = \frac{\text{Área}}{\text{Comprimento}^2} \quad Kc = \frac{0,28 \times \text{perímetro}}{\sqrt{\text{Área}}} \quad Is = \frac{100 \times (L - L_{\text{talvegue}})}{L_{\text{talvegue}}}$$

*L_{talvegue} = comprimento do talvegue (km)

Qualidade da água

Para a análise da qualidade da água, utilizou-se o relatório gerado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e os resultados foram comparados aos padrões estabelecido pela DN COPAM 01/2008. O IQA foi extraído do relatório que considera os nove parâmetros estabelecidos pela ANA e seus respectivos pesos, sendo eles oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio durante 5 dias a 20°C (DBO_{5,20}), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduos totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características gerais da bacia

A área e o perímetro foram determinados através do *software* ArcGis e os valores encontrados foram de 972,782 km² e 219,827 km, respectivamente.

O Índice de sinuosidade (Is) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial

entre os extremos do canal, onde maiores valores do I_s indicam maior a sinuosidade do curso d'água e menor declividade na bacia. O I_s calculado para o rio Paraibuna no trecho estudado foi 55,37%. Valores menores que 20% significam que o curso d'água é muito reto, entre 20 e 29%, reto, entre 30 a 40%, divagante, entre 40 e 50%, sinuoso e maior que 50%, muito sinuoso (Marcuzzo *et al.* 2012). Diante disso, o trecho da bacia estudado pode ser considerado muito sinuoso.

O coeficiente de compacidade (k_c) relaciona a forma da bacia com um círculo. Conforme orientação de Tucci (2002), o coeficiente de compacidade deve ser necessariamente maior do que 1 em virtude de propensão natural da bacia às enchentes, sendo que de 1 a 1,25 a bacia possui alta propensão a enchentes, de 1,25 a 1,50 a bacia tem tendência mediana a enchentes e valores maiores que 1,50 são de bacias que não são propensas a grandes enchentes. O valor de k_c encontrado foi 1,97, o que representa que a bacia não é propensa a grandes enchentes.

Segundo Tonello (2006) o fator de forma (k_f) relaciona-se com formas geométricas retangulares para determinar a forma da bacia, sendo encontrado para a bacia do Paraibuna valor de 0,34. Assim como o coeficiente de compacidade, o fator de forma tem a função de indicar a tendência para enchentes, onde valores menores o valor de k_f indicam maior comprimento da bacia e, portanto, menor propensão a picos de enchentes. Se o seu valor for menor que 0,5 a bacia não é sujeita a enchentes, o que corrobora a conclusão a partir do coeficiente de compacidade encontrado.

Strahler modificou a classificação feita por Horton em 1945 de forma a esta refletir o grau de ramificação de uma bacia. Os cursos d'água podem ser classificados, segundo *Strahler*, como sendo de primeira, segunda, terceira, quarta e quinta ordem. Os cursos de primeira ordem são os canais pequenos e sem afluentes. As ordens subsequentes são definidas em função do número de afluentes de cada canal, sendo a ordem do rio principal a extensão da ramificação na bacia (Guimarães, 2017). A classificação dos cursos d'água da bacia do Paraibuna até a primeira estação fluviométrica foi retratada na Figura 1, indicando o Paraibuna como ordem 2 e seus afluentes predominantemente de ordem 1.

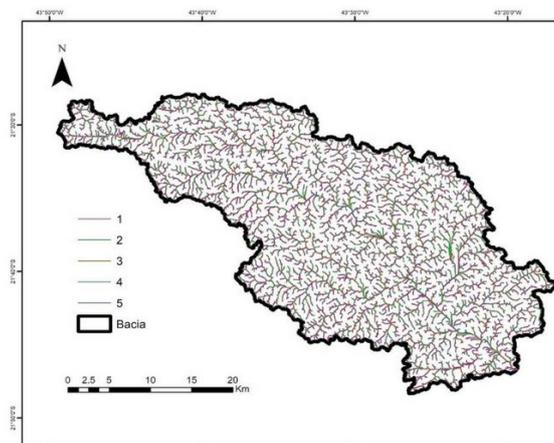


Figura 1: Classificação de cursos d'água segundo *Strahler* para o rio Paraibuna no trecho até a primeira estação fluviométrica.

Com base nas informações da figura 2, obtidas no ArcGis, acerca dos tipos de solo, observa-se a predominância de latossolos vermelho-amarelos na Bacia do Rio Paraibuna. Os latossolos são solos minerais, profundos (profundidade superior a 2m) e suas cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas. (Spera *et al.* 2000). Sabe-se que estes solos foram formados a partir de rochas sedimentares, são bem drenados e com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), podendo ser argilosos ou com textura mediana. Geralmente são pouco férteis e podem ser facilmente reconhecidos pela coloração quase homogênea com a profundidade (IAC-SP, SI).

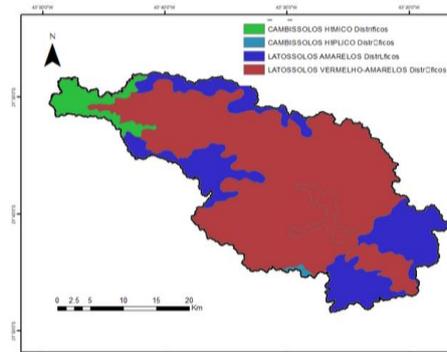


Figura 2. Classificação dos tipos de solo da bacia do rio Paraibuna.

Qualidade da água na bacia

As estações fluviométricas que compõem o rio Paraibuna na cidade de Juiz de Fora são BS002, BS006, BS083 e BS017, circulado no mapa da Figura 3. As estações foram escolhidas conforme a disposição das mesmas no Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

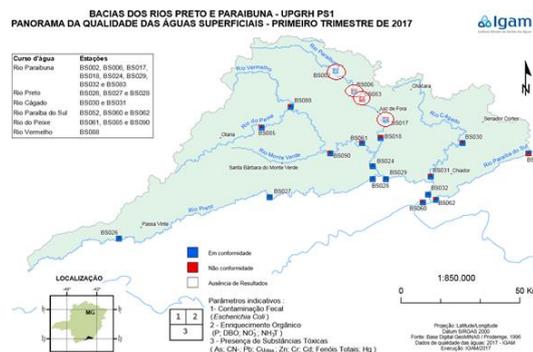


Figura 2. Identificação dos pontos caracterizados.

O relatório fornecido pelo IGAM revela alguns parâmetros acima do limite permitido de acordo com o padrão para cursos d'água de classe 2, classificação ao qual o trecho estudado da bacia se encontra segundo a Deliberação Normativa COPAM 01/2008. Pode-se perceber que a jusante da região mais densamente urbanizada do município, na estação BS002, os parâmetros que indicam contaminação fecal, enriquecimento orgânico e presença de substâncias orgânicas estão em conformidade com a legislação. Entretanto, ressalta-se a desconformidade em relação a referida norma de parâmetros como ferro dissolvido e manganês total. Segundo Silva *et al.* (2017), o ribeirão Espírito Santo, um afluente do Rio Paraibuna, também encontra-se fora dos padrões da legislação para o parâmetro ferro. Tem-se conhecimento de que na composição do solo da região há alto teor de dióxido de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2018). Tal predominância pode afetar a concentração destes minerais nas águas superficiais e subterrâneas.

Na altura da estação BS006, a contaminação fecal, o enriquecimento orgânico, *E. Coli* e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) estão em desconformidade com a legislação, além do parâmetro manganês total permanecer acima do permitido. Destaca-se que, para esse trecho, a porcentagem de *E. Coli* superou em 1.103% segundo o permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Dentre as estações analisadas, a maior degradação foi identificada na B083, possuindo diversos parâmetros fora dos limites da deliberação, como o cianeto livre, DBO, ferro dissolvido, manganês total e *E. Coli*, salientando-se esta última com violação de 2.320%. Na estação a jusante da região densamente urbanizada de Juiz de Fora, a BS017, os parâmetros em desconformidade foram fósforo total, ferro dissolvido e *E. Coli*, mantendo-se a esta a porcentagem de excedente anteriormente encontrada (2320%).

O IQA encontrado para as estações analisadas foi relativamente baixo, com valores de 69,8 para BS002, 55,3 para BS006, 52,9 para BS017 e 51,8 para BS083, de acordo com dados fornecidos pelo IGAM do

ano de 2017, podendo ser atribuído a isto a ocupação desordenada e densa ao longo da Bacia, bem como ao lançamento de efluente doméstico sem tratamento. A simplicidade deste índice dá-se ao fato dos parâmetros considerados para seu cálculo serem majoritariamente indicadores de contaminação por despejos domésticos, não retratando contaminação por poluentes tóxicos que são regulados no abastecimento público, como metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos (ANA, 2018).

CONCLUSÃO

A Bacia do Rio Paraibuna é considerada muito sinuosa, com geometria alongada, não propensa a enchentes naturais, bastante ramificada, com solos ricos em dióxido de ferro e alumínio, baixa CTC e com pouca fertilidade natural. O uso e ocupação do solo pode influenciar diretamente na qualidade das águas superficiais, visto que a necessidade de insumos agrícolas na agricultura causa notadamente poluição por compostos químicos lixiviados até o corpo receptor.

A qualidade do rio Paraibuna vem sendo alvo de políticas públicas para atenuação dos problemas, a citar-se o Programa de Despoluição que vem sendo executado. A construção de novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) representam o passo inicial para melhoria da qualidade das águas, no entanto, vê-se a carência de políticas de educação ambiental para conscientização da sociedade sobre a corresponsabilidade de todos para a perpetuação de bons hábitos ambientais.

O parâmetro *E. Coli* encontra-se em maior desconformidade com a legislação do Estado de Minas Gerais para a classe 2 em que se enquadra o rio Paraibuna. Atribui-se possivelmente a esta alteração os despejos de efluentes domésticos e industriais sem tratamento prévio adequado. O IQA é um bom indicador para águas brutas, mas a não retratação de certos contaminantes pode mascarar a viabilidade de certo manancial para abastecimento, visto que a remoção dos mesmos pode ser onerosa e trabalhosa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Brasil. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em 25/03/2018.
- AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS. *LATOSSOLOS* Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Latossolos.pdf>> Acesso em 09/11/2017
- Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo*. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/Caderno%203%20-%20Paraibuna.pdf>. Acesso em: 18/03/2018
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 jan. 1997.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
- Da Silva, D. D.; Marques, F. A.; Lemos, A. F. *Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para Bacia de Rio São Francisco*. REVENG, outubro 2009.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência de informações Embrapa. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.htm l. Acesso em: 22/03/2018.
- GUIMARÃES, R. C. *Capítulo 2: Bacia Hidrográfica*. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas. Évora, Portugal, 2017. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/7988/1/Capitulo_2_Bacia_Hidrogr%C3%A1fica.pdf>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 09/11/2017
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Publicações Técnicas*. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/publicacoes-tecnicas/qualidade-das-aguas/qualidade-das-aguas-superficiais/relatorios-de-avaliacao-de-qualidade-das-aguas-superficiais/relatorios-trimestrais/12356-2017>> Acesso em 24/10/2017.
- Machado, P. J. O.; Valle, G. M.; Rinco, L.; Carmo, L. F. Z.; Latuf, M. O. *Qualidade das águas do Rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora/MG*. [SI]
- Marcuzzo, F. F. N.; Oliveira, N.L.; Cardoso, M.R.D.; Tschiedel, A.F. *Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Paraíba*. XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa. 2012.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº01, Diário executivo Minas Gerais de 17 de mar. 2008. *Diário Oficial de Minas Gerais*, Belo Horizonte, MG, 13 maio 2008.
- Schiavetti, A. A.; Camargo, A. F. M. *Conceitos de Bacias Hidrográficas : teorias e aplicações*. Ilhéus, Ba : Editus, 2002.
- SILVA, I.R.; BROVINI, E. M.; PEREIRA, R. O.; GOMES, M. H. R. (2017). *Monitoramento de Trechos Susceptíveis à Degradação da Qualidade da Água no Ribeirão Espírito Santo - Juiz de Fora, ao longo de quatro anos*. 3º Congresso Internacional Rede de Saneamento e Abastecimento de Água. Belo Horizonte, MG, 2017.
- Spera, S.T.; Reatto, A.; Correia, J.R.; Silva, J.C.S. *Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília- DF. 2000.
- Tomáz, P. *Critério Unificado para Manejo das Águas Pluviais em Áreas Urbanas*. [SI], fevereiro 2012.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. *Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>>
- Tucci, C. E. M. *Hidrologia Ciência e Aplicação*. Ed.3 Universidade/UFRGS, 2002.
- Villela, S. M.; Mattos, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGRAWHill do Brasil, 1975.