XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE EM CÓRREGOS URBANOS REABILITADOS

Juliana Souza Silveira [1]; Bruna Marcela Loiola Romano[1]; Fernando César da Costa[1]; Frederico Azevedo Lopes[1]; Marcos Callisto[2] & Diego Rodrigues Macedo[1,2]*

RESUMO – Os rios urbanos no Brasil foram historicamente canalizados e cobertos. No entanto, a mudança de mentalidade entre os habitantes das cidades e seus rios vem se alterando nos últimos anos com o crescimento da preocupação com questões ecológicas e com a qualidade de vida da população. Em Belo Horizonte, o Programa Drenurbs foi responsável pela reabilitação de córregos em leito natural, visando a melhoria da qualidade da água e, consequentemente, da qualidade de vida da comunidade de entorno. Assim, esse trabalho avaliou se houve melhora da qualidade da água após as obras de reabilitação de três córregos urbanos em Belo Horizonte, além de uma possível alteração da qualidade entre as estações seca e chuvosa, avaliada em relação a concentração das variáveis avaliadas, antes e depois das intervenções. Para isso, utilizou-se o teste-t para analisar os resultados das variáveis antes e após as obras e uma ANOVA fatorial para verificar se houve mudança no padrão de concentração dos indicadores de qualidade devido a sazonalidade. As variáveis coliformes fecais, DBO, P-total, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, temperatura e o Índice de Qualidade da Água apresentaram diferença após a realização das obras, apontando melhora na qualidade da água. Em relação ao padrão sazonal, as variáveis P-total e nitrato apresentaram mudança no padrão entre seca e chuva antes e depois das obras. No entanto, não houve diferença estatística nos parâmetros coliformes fecais, pH, DBO e turbidez. Estes resultados evidenciam a efetividade das intervenções realizadas, e alertam que após o controle da poluição pontual, é necessário também o melhor tratamento das fontes difusas em bacias hidrográficas urbanas.

ABSTRACT – Brazilian urban rivers were historically channeled and covered. However, the relation between the cities' inhabitants and their rivers has been changing in recent years, with a growing concern about ecological issues and the quality of life of the population. In Belo Horizonte, the Drenurbs Program was aimed for the rehabilitation of streams in natural beds, aiming to improve water quality and, consequently, the quality of life of the surrounding community. Thus, this study evaluated whether there was an improvement in water quality after the rehabilitation of three urban streams in Belo Horizonte. A possible change in water quality between the dry and rainy seasons was also evaluated. To evaluate that, the concentration of selected variables, before and after the interventions, was analyzed. For this, the t-test was used to analyze the results of the variables before and after the works and a factorial ANOVA was used to verify if there was a change in the pattern of concentration of water quality indicators due to seasonality. The fecal coliform parameters, BOD, total P, dissolved oxygen, total dissolved solids, water temperature and the Water Quality Index showed changes after the rehabilitation works were carried out, indicating an improvement in water quality. Regarding the seasonal pattern, total P and nitrate showed a change in their pattern between drought and rain before and after the rehabilitation. However, there was no statistical difference in

[1] Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos, Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Cep 31.270-901, Belo Horizonte, ju2896@gmail.com, brunamloiolar@gmail.com, fernandocesar_mg@yahoo.com.br, fredericolopes@ufmg.br, diegorm@ufmg.br

[2] Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Genética, Ecologia e Evolução, Laboratório de Ecologia de Bentos, Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Cep 31.270-901, Belo Horizonte, callistom@ufmg.br

fecal coliform parameters, pH, BOD and turbidity. These results demonstrate the effectiveness of the rehabilitation and warn that after remedying point pollution sources, it is also necessary to deal with the diffuse sources in urban watersheds.

Palavras-Chave: Córregos urbanos, reabilitação, qualidade da água, sazonalidade.

INTRODUÇÃO

Os rios viabilizaram o surgimento e crescimento de cidades, no entanto, sofrem com vários impactos decorrentes do processo de urbanização. Além da poluição, os cursos d'água urbanos também foram acometidos com as canalizações e coberturas, isolando-os das paisagens. A negligência com a qualidade e integridade dos corpos hídricos tem acarretado em diversos impactos socioambientais, como aumento da frequência de inundações, proliferação de doenças de veiculação hídrica e danos à biota aquática (Baptista & Cardoso, 2013; Costa, 2011).

Entretanto, a relação entre cidade e rio vêm se alterando, devido à crescente preocupação em ambientes urbanos em termos de áreas verdes, ecologia urbana e qualidade de vida (Cengiz, 2013). As intervenções estruturais estão sendo substituídas por alternativas ecotecnológicas, com maior integração das questões sociais e ambientais, não se limitando às condições sanitárias (Alencar, 2017). Nos países desenvolvidos, esforços para a restauração de cursos d'água vem sendo feitos há mais de 40 anos (Macedo et al., 2011). No contexto brasileiro, a cidade de Belo Horizonte pode ser considerada um exemplo pioneiro dessa nova mentalidade na relação rio – cidade, por meio do seu Programa de Recuperação Ambiental dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural - Drenurbs. Este programa buscou a reabilitação através do tratamento integrado das questões sanitárias, ambientais e sociais em bacias hidrográficas cujos cursos d'água estejam ainda em leito natural, ainda que degradados, visando a melhoria da qualidade de vida da população de Belo Horizonte (Macedo et al., 2011; PBH, 2016).

A reabilitação é entendida como a recuperação de certos elementos biofísicos de grande importância para o ecossistema e incorporação harmônica do rio à paisagem da cidade. Nesta condição, apenas alguns elementos do sistema biofísico natural são retomados (Findlay & Taylor, 2006). Assim, a reabilitação é o processo possível a que se pode aspirar quando a restauração é impedida pelas pressões e impactos existentes (Dufour & Piégay, 2009) em áreas urbanizadas. Na reabilitação, o sistema fluvial apresenta melhoras no quadro de suas funções e estado, mas não apresenta uma recuperação integral do sistema.

Com as intervenções do Programa Drenurbs, espera-se uma melhoria da qualidade da água, devido à proposta de remoção dos lançamentos de esgoto *in natura* nos cursos d'água, além da criação de parques lineares, melhorando também a qualidade de vida da comunidade (Figura 1). Devido à eliminação dos focos de poluição pontual, é esperado que haja alteração no padrão de concentração

dos poluentes em relação às estações seca e chuvosa após as obras, padrão atualmente observado em países desenvolvidos, onde a poluição difusa se tornou a principal fonte de poluição (Barros, 2008).

A) B)

Figura 1. Vista parcial do córrego Baleares (A) antes das intervenções em 2003 (Foto UEP/DRENURBS) e (B) em agosto de 2018 (Foto DR Macedo).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar possíveis impactos das intervenções de reabilitação sobre a qualidade da água, por meio do Índice de Qualidade da Água – IQA e suas variáveis, em três córregos urbanos contemplados pelo Programa Drenurbs. Além disso, foi analisada a influência sazonal sobre a qualidade da água após as obras, de forma a se verificar a influência da poluição difusa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Os cursos d'água estudados encontram-se na porção norte de Belo Horizonte, pertencendo à bacia do Ribeirão do Onça (Figura 2). Os córregos Primeiro de Maio e Nossa Senhora da Piedade localizam-se na Regional Norte da capital. O Córrego Primeiro de Maio é afluente da margem esquerda do Ribeirão Pampulha, sendo a área de sua bacia de 0,48 km² e talvegue com extensão aproximada de 0,44 km. O Córrego Nossa Senhora da Piedade é um afluente da margem esquerda do Ribeirão do Onça, com 0,73 km² de área de bacia e talvegue com 0,62 km de comprimento. O Córrego Baleares encontra-se na Regional Venda Nova, sendo um afluente da margem esquerda do Córrego Vilarinho. Sua bacia possui 0,43 km² e seu talvegue 1,37 km de extensão (PBH, 2016).

Coleta de dados e cálculo do IQA

Os resultados disponíveis para o período anterior às intervenções (2003-2006), e posterior às obras (2008-2011) são referentes ao monitoramento consolidado da qualidade da água realizado pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2012a, 2012b e 2012c). Entre agosto de 2018 a fevereiro de 2019,

novas amostragens foram realizadas nos córregos reabilitados através do Projeto RECURB da UFMG (Quadro1).

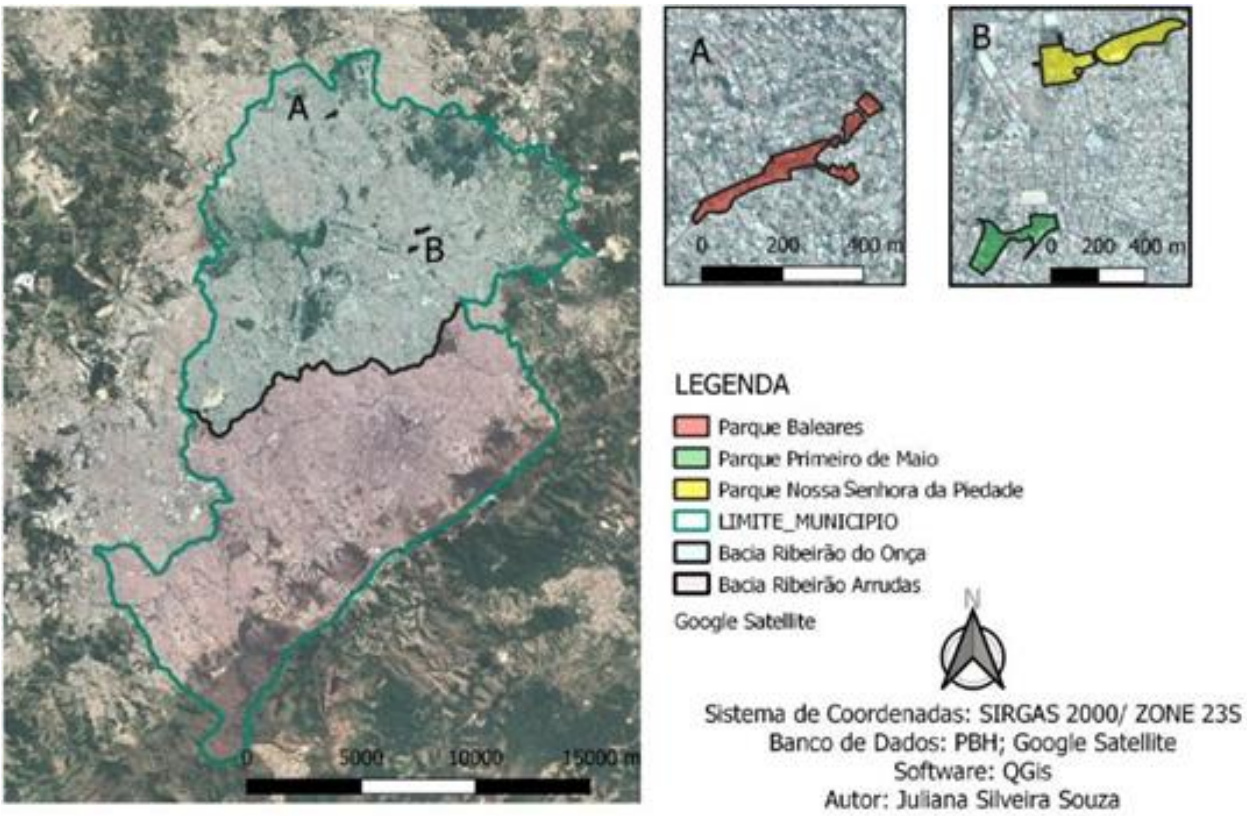

Figura 2: localização dos parques estudados em Belo Horizonte.

Quadro 1 – Datas, fases e sazonalidade de coletas de campo.

Data da coleta	Fase	Estação	Data da coleta	Fase	Estação
Setembro/2003	Pré-obras	Seca	Julho/2010	Pós-obras	Seca
Abril/2005	Pré-obras	Seca	Novembro/2010	Pós-obras	Chuvosa
Julho/2005	Pré-obras	Seca	Janeiro/2011	Pós-obras	Chuvosa
Dezembro/2005	Pré-obras	Chuvosa	Outubro/2011	Pós-obras	Chuvosa
Março/2006	Pré-obras	Chuvosa	Agosto/2018	Pós-obras	Seca
Setembro/2008	Pós-obras	Seca	Outubro/2018	Pós-obras	Chuvosa
Janeiro/2009	Pós-obras	Chuvosa	Novembro/2018	Pós-obras	Chuvosa
Maio/2009	Pós-obras	Seca	Dezembro/2018	Pós-obras	Chuvosa
Agosto/2009	Pós-obras	Seca	Janeiro/2019	Pós-obras	Chuvosa
Novembro/2009	Pós-obras	Chuvosa	Fevereiro/2019	Pós-obras	Chuvosa
Abril/2010	Pós-obras	Seca	-	-	-
Fonte: PBH, (2012a, 2012b, 2012c), Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos (IGC/UFMG) e Laboratório de Taxonomia, Biodiversidade e Biotecnologia de Fungos do Departamento de Microbiologia (ICB/UFMG)					

Foram utilizados os resultados das variáveis componentes do Índice de Qualidade das Águas – IQA (IGAM, 2017): coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, fósforo total, nitrato, oxigênio dissolvido – OD, potencial hidrogeniônico – pH, sólidos totais dissolvidos – STD, temperatura da água e turbidez. Os dados foram coletados segundo metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Além do cálculo do IQA, os resultados das variáveis foram analisados de forma individualizada, haja vista a inerente perda de informações gerada no processo de agregação em índices tradicionais (Lopes et al., 2016).

Análise de dados

Para avaliar se houve diferença entre os resultados das variáveis antes e após as obras, utilizou-se o teste-*t* para amostras independentes, analisando conjuntamente os dados dos córregos investigados, definindo as fases (i) pré-restauração e (ii) pós-restauração. Para averiguar se houve mudança sazonal das variáveis, foi utilizada uma ANOVA fatorial com interação fase x estação, também utilizando todos os córregos em conjunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a análise antes e após as obras evidenciaram que nitrato, pH e turbidez não apresentaram diferença entre as fases ($p > 0,05$). As variáveis coliformes fecais, DBO, P-total, OD, STD, temperatura e IQA apresentaram diferença antes e após as obras ($p < 0,05$) (Tabela 1), apontando melhora de maneira geral na qualidade da água.

Tabela 1 – Resultados teste-t. Valores de t positivos indicam diminuição dos valores aferidos entre as fases; valores negativos indicam aumento nos valores.

	t-valor	gl	p-valor
Coliformes	2,66	80	*0,009*
DBO	6,81	80	*< 0,0001*
P-total	4,31	80	*< 0,0001*
Nitrato	0,61	80	0,545
OD	-7,45	79	*< 0,0001*
pH	0,87	80	0,385
STD	4,15	70	*<0,0001*
Temperatura	-2,01	69	*0,049*
Turbidez	0,05	70	0,958
IQA	-7,17	69	*< 0,0001*

As variáveis P-total e nitrato foram significativamente diferentes entres os períodos chuvoso e seco ($p < 0,5$) (Figura 3). As variáveis coliformes fecais, DBO, OD, pH, STD, temperatura, turbidez e IQA não apresentaram diferenças (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados ANOVA Fatorial.

	F	gl	p
Coliformes	1,13	1;78	0,289
DBO	2,36	1;78	0,127
P-total	6,05	1;78	*0,016*
Nitrato	5,90	1;78	*0,017*
OD	0,07	1;77	0,787
pH	0,41	1;78	0,520
STD	0,02	1;68	0,875
Temperatura	0,00	1;67	0,967
Turbidez	0,19	1;68	0,658
IQA	0,09	1;67	0,769

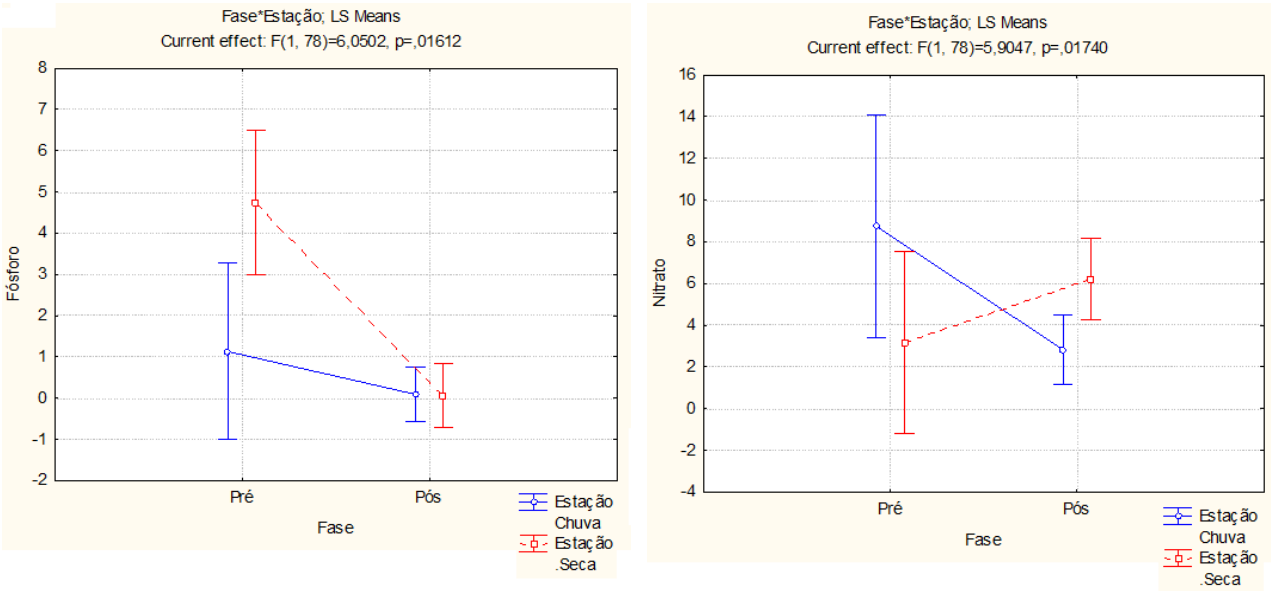

Figura 3. Modificação significativa ($p < 0,05$) de valores de P-total e Nitrato entre os períodos de seca e chuva após as intervenções de reabilitação.

No contexto geral, os resultados obtidos indicam melhora na qualidade da água dos córregos estudados, devido à implantação da rede coletora de esgotos, coleta de lixo nas bacias, além da estabilização de margens e recomposição de vegetação ripária. Deste modo, a redução do aporte de

carga orgânica para as redes de drenagem local pode ser verificada a partir do melhor desempenho das variáveis coliformes termotolerantes, DBO, OD e P-total (Macedo, 2009).

A mudança do padrão em relação à sazonalidade para a variável P-total indica menor concentração destes no período chuvoso antes das intervenções devido à diluição por águas pluviais, padrão também encontrado no Rio das Velhas, ambiente altamente impactado por esgotos *in natura* (Maillard & Pinheiro-Santos, 2008). Essa inversão indica que houve alteração da fonte principal de poluição. Antes do Drenurbs, a poluição advinha majoritariamente do lançamento de esgotos nos córregos, com grande contribuição de poluição orgânica. Após as intervenções, a principal fonte de poluição passou a ser a poluição difusa, onde o carreamento dos poluentes ocorre através do escoamento de água de chuvas. Esse padrão é observado nos países desenvolvidos, onde a poluição pontual é um problema controlado (Macedo, 2009; Macedo et al., 2011).

Os valores de nitrato tiveram variação diferente dos demais: na fase pré-reabilitação as concentrações foram superiores nas amostragens realizadas no período chuvoso. No entanto, na fase pós-reabilitação foi observado o oposto. Como o nitrato é a fase final do ciclo do nitrogênio, ou seja, é a fase mais oxidada, sua presença é relacionada a fontes mais remotas de poluição (Von Sperling, 2014). Neste caso, cabe ressaltar que a interceptação de esgotos pode ser limitada em dado momento, haja vista a possibilidade de ligações clandestinas e extravasamentos pontuais. Além disso, a interferência da matéria orgânica advinda da vegetação ripária, cuja área fora ampliada com a conformação dos parques, não pode ser descartada. A continuidade do monitoramento de qualidade das águas dos rios por um período de pelo menos 10 anos será fundamental para avaliar a melhoria das condições de reabilitação das águas urbanas no município de Belo Horizonte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos resultados obtidos evidência que houve melhora na qualidade da água dos córregos estudados. Essa melhora se deve principalmente à interceptação do lançamento de esgotos *in natura* nos cursos d'água reabilitados em Belo Horizonte.

Apesar da mudança no padrão sazonal após as obras ter se confirmado apenas nas variáveis P-total e nitrato, há uma tendência de inversão de outros parâmetros, assim como ocorrido em outros programas de reabilitação em córregos urbanos ao redor do mundo.

Avaliar a eficiência das obras de reabilitação de córregos urbanos em Belo Horizonte representa importante diagnóstico de condições ambientais. Os resultados obtidos têm sido discutidos junto a comunidades ribeirinhas, escolas parceiras em iniciativas de ciência cidadã e divulgados junto a gestores ambientais e tomadores de decisão de empresas de saneamento.

AGRADECIMENTOS - Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (APQ-01432-17), Projeto de Pesquisa & Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (CEMIG-ANEEL GT-599), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (402907/2016-7), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Código 001). Juliana Souza Silveira possui bolsa PROBIC-FAPEMIG. Bruna Marcela Loiola Romano possui bolsa PIBIC-CNPq. Marcos Callisto possui Bolsa de Produtividade CNPq (303380/2015-2) e Projeto Pesquisador Mineiro FAPEMIG (PPM 00104-18).

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J.C. (2017). *"Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação - Um estudo da bacia do Jaguaré".* Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

APHA (2005). *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"*. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. (2013). *"Rios e cidades: uma longa e sinuosa história"*. Revista UFMG v. 20, n. 2, p. 124-153, jul./dez.

BARROS, A. (2008). *"Modelagem da poluição pontual e difusa: aplicação do modelo Moneris à bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, Pernambuco".* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CENGIZ, B. (2013). *"Urban Rivers Landscapes",* In: Advances in Landscape Architecture. Org. por OZYAVUZ, M. Editora InTech.

COSTA, R. C. (2011). *"Parques fluviais na revitalização de rios e córregos urbanos"*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas e da Informação - ICHI, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande.

DUFOUR, S.; PIÉGAY, H. (2009). "*From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits".* River Research and Applications v. 25, pp. 568-581

FINDLAY, S. J.; TAYLOR, M. P. (2006). *"Why rehabilitate urban river systems?".* Area v. 38 n.3, pp. 312-325.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS (2017). *"Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2016".* Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão de Águas, 172 p.

LOPES, F.W.A, DAVIES-COLLEY, R.J; VON SPERLING, E. Magalhães Jr, A.P. (2016). "*A water quality index for recreation in Brazilian freshwaters"*. Journal of Water and Health v. 14, n. 2, pp. 243–254.

MACEDO, D. R. (2009). *"Avaliação de Projeto de Restauração de Curso d'água em Área Urbanizada: estudo de caso no Programa Drenurbs em Belo Horizonte".* Dissertação (Mestrado em

Geografia) - Instituto de Geociências - IGC, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte.

MACEDO. D.R.; CALLISTO, M.; MAGALHÃES JR., A.P. (2011). *"Restauração de Cursos d'água em Áreas Urbanizadas: Perspectivas para a Realidade Brasileira".* Revista Brasileira de Recursos Hídricos v. 16, n. 3, pp. 127-139

MAILLARD, P.; PINHEIRO-SANTOS, N. A. (2008). "*A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed – Brazil"*. Journal of Environmental Management v. 86, n. 11, pp. 58-170.

PBH - PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (2012a*). "Relatório consolidado do monitoramento da qualidade das águas: sub-bacia do córrego Baleares"*. Belo Horizonte, Brasil

PBH - PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (2012b). *"Relatório consolidado do monitoramento da qualidade das águas: sub-bacia do córrego Nossa Senhora da Piedade".* Belo Horizonte, Brasil

PBH - PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (2012c). *"Relatório consolidado do monitoramento da qualidade das águas: sub-bacia do córrego Primeiro de Maio".* Belo Horizonte, Brasil

PBH - PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (2016). *"Plano Diretor de Saneamento de Belo Horizonte - PMS 2016/2019"*. vol. I/II, nov.

VON SPERLING, M. (2014). *"Estudos e modelagem da qualidade de água de rios"*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 592p., 2a ed.