

## Índice de qualidade da água em nascentes de manancial de abastecimento público: IQA realizado em diferentes nascentes da sub-bacia do córrego laranjal no município de Pires do Rio (GO)

A poluição a que os corpos de água estão sujeitos a sofrer, conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros para diversos fins. Para isso, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água, gerando elevado número de dados analíticos que precisam ser transformados em um formato sintético, para que descrevam e representem, de forma compreensível e significativa, o estado atual e as tendências da água, para que possam ser utilizados como informações gerenciais e como ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos. O índice de qualidade de água IQA é o principal índice utilizado, sendo importante no monitoramento do curso hídrico, facilitando a tomada de decisão. Com este trabalho objetivou-se fazer o levantamento e mapeamento de todas as nascentes do Córrego Laranjal, bem como determinar o índice de qualidade da água (IQA). Foram identificadas 12 nascentes principais e selecionados dois pontos ao longo do leito que compõe o córrego Laranjal, e tiveram suas características físicas, químicas e microbiológicas monitoradas ao longo do ano de 2018, em duas avaliações, realizadas no período de estiagem e chuvoso. A determinação do IQA das nascentes resultou em valores que variaram entre 59 e 79 no período seco; e entre 58 e 74 na pontuação do período chuvoso. Isso demonstra que todas as nascentes avaliadas apresentaram IQA satisfatórios ("bom" ou "ótimo"). Com a avaliação da qualidade das águas foi possível observar a relação entre os parâmetros de qualidade, bem como a influência destes com as características macroscópicas das nascentes. Desta forma, as informações obtidas sinalizam que, apesar da boa qualidade das águas, a avaliação da situação ambiental das nascentes alerta para a necessidade de estratégias futuras, que visem o planejamento para o ordenamento territorial e gestão ambiental de microbacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos; Parâmetros físicos; químicos e microbiológicos; Monitoramento ambiental; Mapeamento hídrico.

## Water quality index in public supply springs: IQA carried out in different springs of the córrego laranjal sub-basin in the municipality of Pires do Rio (GO)

Pollution that watercourses are likely to suffer, leading to the need for prevention plans and environmental remediation in order to ensure conditions of current and future uses for various purposes. For this, are established monitoring programs of water quality, generating large number of analytical data that needs to be transformed into a synthetic format for describing and representing an understandable and meaningful way, the current status and trends of water, so it can be used as management information and as a tool in making decisions concerning water resources. The WQI water quality index is the main index used, being important in monitoring the water course, facilitating decision making. In this work aimed to survey and map all the springs of the Laranjal Stream. This study aimed to do the survey and mapping all springs Laranjal stream and determine the water quality index (WQI). were identified 12 springs and two points were selected along the stream that makes up the Laranjal stream, and had their physical, chemical and microbiological characteristics were monitored throughout 2018, in two evaluations performed in the dry season and rainy. The determination of the WQI index of the springs resulted in values that varied between 59 and 79 in the dry period; and between 58 and 74 in the rainy season score. This shows that all the evaluated springs WQI showed satisfactory ("good" or "excellent"). With the evaluation of the quality of water was possible to observe the relationship between the quality parameters, as well as their influence with the macroscopic characteristics of the springs. Thus, the information obtained indicates that, despite the good quality of the waters, the assessment of the environmental situation of the springs warns of the need for future strategies, aimed at planning for territorial planning and environmental management of watersheds.

**Keywords:** Water resources; Physical, chemical and microbiological parameters; Environmental monitoring; Water mapping.

Topic: **Uso de Recursos Naturais**

Received: **07/11/2021**

Approved: **29/11/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Matheus Rocha Mendes**  
Instituto Federal Goiano, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1430630633509461>  
[matheus\\_engambiental@hotmail.com](mailto:matheus_engambiental@hotmail.com)

**Aline Ferreira Felipe Rocha**  
<http://lattes.cnpq.br/8424129966405703>  
<https://orcid.org/0000-0001-8737-9348>  
[alinefelipe.nutri@gmail.com](mailto:alinefelipe.nutri@gmail.com)

**Debora Astoni Moreira**  
Instituto Federal Goiano, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/089254192927049>  
<https://orcid.org/0000-0002-8658-1269>  
[debora.astoni@ifgoiano.edu.br](mailto:debora.astoni@ifgoiano.edu.br)

**Jose Antonio Rodrigues Souza**  
Instituto Federal Goiano, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1637300776838940>  
<https://orcid.org/0000-0003-3024-9424>  
[jose.antonio@ifgoiano.edu.br](mailto:jose.antonio@ifgoiano.edu.br)

**Ellen Lemes Silva**  
Instituto Federal Goiano, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2020996967548069>  
<https://orcid.org/0000-0001-5649-5055>  
[ellen\\_cbba@hotmail.com](mailto:ellen_cbba@hotmail.com)

**Walisson Marques Oliveira**  
Instituto Federal Goiano, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7052217868475846>  
<https://orcid.org/0000-0002-4615-8335>  
[walissonmrgs@gmail.com](mailto:walissonmrgs@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0023

### Referencing this:

MENDES, M. R.; ROCHA, A. F. F.; MOREIRA, D. A.; SOUZA, J. A. R.; SILVA, E. L.; OLIVEIRA, W. M.. Índice de qualidade da água em nascentes de manancial de abastecimento público: IQA realizado em diferentes nascentes da sub-bacia do córrego laranjal no município de Pires do Rio (GO). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.11, p.273-288, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0023>

## INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por água nas cidades, associada aos impactos da rápida urbanização, conduz a um quadro preocupante em relação ao futuro da sustentabilidade do abastecimento público urbano, especialmente em algumas regiões metropolitanas brasileiras.

No Brasil, a taxa de população residente em áreas urbanas é de 84,36% (IBGE, 2011), superior à média mundial, de aproximadamente 50%<sup>1</sup>. Arelada a intensificação da atividade agrícola, tendo a agropecuária sido responsável por 5,2% e o agronegócio por 22% do PIB no ano de 2015. Associado ainda, a um setor elétrico que é composto, primordialmente por usinas hidrelétricas, vem gerando uma pressão cada vez maior às reservas hídricas nacionais.

Soma-se a isso o fato de o país possuir sérios problemas ligados a gestão dos recursos hídricos (GAIN et al., 2016). Neste sentido, a má distribuição da água, associada aos baixos índices de saneamento básico do Brasil, o colocam em uma situação de risco no que tange a sua capacidade de fornecer água em qualidade e quantidade suficiente a toda sua população.

Em situação que não difere da nacional, o estado de Goiás possui uma expressiva vulnerabilidade quanto à conservação dos recursos hídricos. Isso ocorre, sobretudo em função da alta taxa de população residente em áreas urbanizadas, de 90,29%<sup>2</sup>, associada às atividades agrícolas e pecuárias, que são pilares da economia estadual. No ano de 2011, o setor agropecuário teve participação de 12,5% no PIB do estado, com expansão de 14,1% (IMB, 2013).

Apesar da sua expressiva contribuição para o desenvolvimento socioeconômico de muitas regiões do país e do seu papel ecológico na manutenção do fluxo de base dos corpos hídricos, a gestão da água ainda é incipiente e não reflete sua relevância atual e estratégica. A falta de políticas públicas para o setor mostra-se na lacuna de conhecimento do estágio de utilização e das potencialidades dos mananciais, bem como dos riscos de contaminação antropogênica a que estão submetidos e que afetam sua qualidade (HIRATA et al., 2011). A redução da quantidade e a degradação da qualidade da água afetam a sociedade como um todo.

A qualidade da água tanto superficial como subterrânea, destinadas ao consumo humano deve atender a padrões de qualidade e de potabilidade, garantindo que suas características físicas, químicas e biológicas estejam dentro dos padrões recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). No Brasil, os padrões de potabilidade são definidos na Portaria nº 05 publicada em 28 de setembro de 2017 pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), que no capítulo V, seção II, dispõe sobre o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, enquanto a qualidade de águas superficiais para os diferentes usos é estabelecida pela resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CONAMA, 2005).

A poluição provocada pelas atividades humanas, o aumento da população mundial, o consumo excessivo e o alto grau de desperdício são fatores que colocam em risco a disponibilidade de água doce. Por sua importância estratégica para as gerações presentes e futuras, nossas reservas de água subterrânea

<sup>1</sup> <https://www.unfpa.org/publications/unfpa-an>

<sup>2</sup> <http://wwwold.imb.go.gov.br/pub/pib/pib2011/pibgo2011.pdf>

necessitam de um cuidado especial, para sua preservação e utilização de forma sustentável.

Segundo Silveira (2014), a qualidade de uma determinada água está relacionada em função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica seguida dos seguintes fatores: condições naturais, interferência do homem, qualidade de uma água existente e qualidade desejável para água.

Este estudo baseia-se no Índice de Qualidade das Águas, que foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, e a partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), posteriormente sendo adotado por outros estados brasileiros, e hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

Considerando a grande importância da água para a manutenção e expansão do desenvolvimento urbano e a possibilidade de contaminação por doenças de veiculação hídrica, com este trabalho, objetivou-se fazer o levantamento das nascentes da microbacia do córrego Laranja, bem como determinar os seus índices de qualidade da água (IQA).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um trecho da sub-bacia do Córrego Laranja, pertencente a bacia do Rio Paranaíba. A área delimitada para estudo foi de 3.003,90 ha, sendo que 2.509,60 ha (78,5%) são áreas antropizadas, 609,00 ha (19,1%) são formações florestais, 43,00 ha são formações savânicas (1,3%), 31,3 ha são áreas de reflorestamento (1,0%), 1,5 ha é formado por área edificada (0,05%) e 1,0 ha é ocupado pelo curso hídrico (0,03%), conforme mapa de cobertura do solo (Figura 1).



Figura 1: Mapa de cobertura do solo da sub-bacia. Fonte: SIEG<sup>3</sup>.

Os solos predominantes na região são do tipo latossolo vermelho árcico, que ocupam 99% da área estudada, apresentam 55% do relevo ondulado e 40% montanhoso, com altitudes variando entre 700 e 900 m. A precipitação média anual é de 1.272 mm ano<sup>-1</sup>, sendo o período chuvoso compreendido entre os meses de outubro a janeiro e, o período de estiagem compreendido entre os meses de julho e agosto, apresentando

<sup>3</sup> <http://www2.sieg.go.gov.br/post/ver/170234/cobertura-e-uso-do-solo>

déficit hídrico anual de 100 mm. Já em relação às temperaturas médias, o mês de junho apresenta valores mínimos em torno de 19°C e, em março, ocorrem aos valores máximos, em torno de 31°C<sup>4</sup>.

O córrego Laranjal é responsável pelo abastecimento de água da cidade de Pires do Rio, que possui uma população estimada em 31.458 habitantes, e tem como principal atividade econômica a agricultura, pecuária e a avicultura (IBGE, 2014). Apesar de 94,20% dos domicílios urbanos possuírem acesso à rede de abastecimento de água, apenas 42,5% deles têm acesso a rede coleta de esgoto

Para identificação dos pontos de estudo foi realizado levantamento prévio por imagem de satélite (LANDSAT 8, SIRGAS 2000 /UTM 22) para, posteriormente, fazer levantamento *in loco* para catalogação de todas as nascentes do córrego laranjal.

Após o mapeamento dos pontos de estudo foi realizado a avaliação macroscópica das nascentes identificadas, conforme metodologias adaptadas de Gomes et al. (2005), Felipe et al. (2012), Gomes (2015) e Leal et al. (2017). A avaliação macroscópica é um levantamento qualitativo que visa a identificação dos impactos ambientais em nascentes de cursos d'água.

Para avaliação da qualidade das águas da microbacia do córrego laranjal, 14 pontos tiveram suas características físicas, químicas e microbiológicas monitoradas ao longo do ano de 2018, em duas avaliações (período chuvoso e seco), sendo 12 nascentes identificadas e outros 2 pontos no leito do rio.

As coletas foram realizadas nos dias 24/08/2018 e 16/12/2018 para determinação de diferentes parâmetros que compõe o Índice de Qualidade de Água (IQA), identificando os pontos e guardando em recipiente refrigerado até serem conduzido ao Laboratório de Pesquisa e Análise Química do Instituto Federal Goiano Campus Urutaí – GO..

Foram determinados 11 parâmetros relativos a qualidade da água: temperatura (T), potencial de hidrogênio (pH), turbidez (TU), nitrogênio total (NT), fósforo total ( $P_{total}$ ), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (CF), sólidos totais (ST), condutividade elétrica (CE).

A temperatura foi determinada por termômetro digital, o pH foi determinado com medidor de pH portátil. A determinação de CT e CF foi realizado por meio do teste do Método Enzimático. A turbidez foi determinada por turbidímetro de bancada, a DBO por titulação iodométrica, após incubação a 20 °C durante 5 dias conforme norma (ABNT, 1992b). O  $P_{total}$  foi determinado segundo o método do colorímetro por redução com ácido ascórbico (ABNT, 1992). Já os sólidos foram determinados com o método gravimétrico, o  $N_{total}$  foi determinado por meio do método de Kjeldahl, e o OD foi determinado pelo método de Winckler (iodometria). A partir dos dados obtidos foram realizados os calculos do IQA conforme Equação 1, adaptada pela CETESB (2018), utilizando os respectivos pesos para cada parâmetro (Tabela 1).

O IQA corresponde a um número que varia de 0 a 100, classificados em faixas, que variam de estado para estado (Tabela 2), sendo calculado pelo produto ponderado (Equação 1) correspondente aos nove parâmetros apresentados na Tabela 1.

<sup>4</sup> <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>

**Tabela 1:** Parâmetros de qualidade da água IQA e seus respectivos pesos

PARÂMETROS	OD	CT	pH	DBO <sub>5,20</sub>	T	N <sub>Total</sub>	P <sub>Total</sub>	TU	ST
PESO(W)	0,17	0,15	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08

OD=oxigênio dissolvido; CT= coliformes termotolerantes; pH= potencial hidrogeniônico; DBO<sub>5,20</sub>= demanda bioquímica de oxigênio; T= temperatura; N<sub>Total</sub>= nitrogênio total; P<sub>Total</sub>= fósforo total; TU= turbidez; RT= resíduo total.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Eq. 1

Onde: IQA é o Índice de Qualidade da Água. Um número entre 0 e 100;  $q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;  $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1;  $n$  = o número de parâmetros que entram no cálculo de IQA.

**Tabela 2:** Classificação do IQA conforme a ANA.

Nível de qualidade	Varição do IQA: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP.	Varição do IQA: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS.
Ótima	80 a 100	91 a 100
Boa	52 a 79	71 a 90
Razoável	37 a 51	51 a 70
Ruim	20 a 36	26 a 50
Péssima	0 a 19	0 a 25

Fonte: ANA (2020).

A utilização de uma escala espectral colorida para ilustrar a qualidade da água obtida para determinado trecho do curso de água foi instituída para facilitar a rápida interpretação das condições ambientais e facilitar o entendimento do público. À condição de maior precariedade na qualidade foi atribuída a cor marrom, a cor amarela corresponde à qualidade razoável e à melhor qualidade atribui-se a cor azul.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para iniciar o planejamento e determinação dos locais de coleta de amostra foi realizado um levantamento de campo para determinação da quantidade, do grau de preservação, o tipo e uso do solo de cada nascente que compõe a sub bacia do córrego laranjal.

### Identificação dos Pontos de Coleta

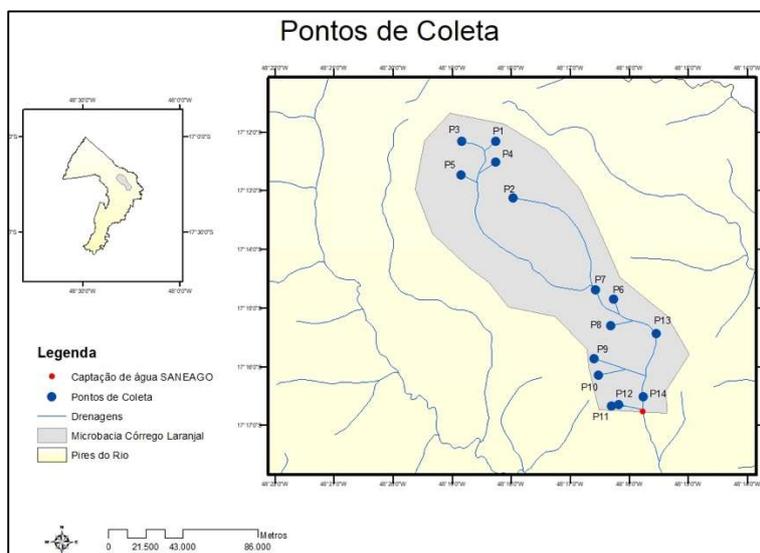
Foram identificadas 12 nascentes principais e selecionados dois pontos ao longo do leito (Tabela 3) que compõe o córrego Laranjal (Figura 1). Durante o reconhecimento das nascentes foi realizado levantamento fotográfico, bem como a determinação do uso do solo nas proximidades e o grau de preservação no entorno.

Durante a identificação das nascentes (Figuras 2 a 15) foram observadas as condições de preservação da vegetação em seu entorno e se estão atendendo a legislação federal Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre o Novo Código Florestal Brasileiro, foram observados também fatores físicos como, alteração na cor, cheiro, presença de animais no entorno da nascente, e atividade desenvolvida na

propriedade, como apresentado na Tabela 4.

**Tabela 3.** Localização geográfica dos pontos (Sirgas, 2000 – UTM 22S) coletados e monitorados ao longo da microbacia

Ponto	Identificação do ponto de Coleta	Coordenada Geográfica	
		Latitude	Longitude
P1	Nascente 01	17°12'09.20"S	48°18'15.5"W
P2	Nascente 02	17°13'06.80"S	48°17'57.8"W
P3	Nascente 03	17°12'08.70"S	48°18'50.4"W
P4	Nascente 04	17°12'30.00"S	48°18'15.40"W
P5	Nascente 05	17°12'43.2"S	48°18'50.5"W
P6	Nascente 06	17°14'51.0"S	48°16'15.9"W
P7	Leito do Córrego Laranjal 01	17°14'41.4"S	48°16'34.1"W
P8	Nascente 07	17°15'17.7"S	48°16'18.9"W
P9	Nascente 08	17°15'51.4"S	48°16'35.8"W
P10	Nascente 09	17°16'08.9"S	48°16'31.4"W
P11	Nascente 10	17°16'40.4"S	48°16'18.2"W
P12	Nascente 11	17°16'39.0"S	48°16'10.4"W
P13	Nascente 12	17°15'25.6"S	48°15'32.5"W
P14	Leito do Córrego Laranjal 02	17°16'30.7"S	48°15'45.9"W



**Figura 2:** Localização dos pontos de coleta. Fonte: SIEG, 2017. Elaborado pelo autor.

### Características físicas, químicas e microbiológicas

A primeira coleta foi realizada no dia 24 de agosto de 2018, já a segunda coleta foi realizada no dia 16 de dezembro de 2018, ambas as coletas tiveram início no ponto de coleta 1 por volta das 07h:30min e o término às 15h:00min do mesmo dia. Após a coleta todas as amostras foram levadas para o Laboratório de Pesquisa e Análise Química do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, onde foram realizadas as análises de todos os parâmetros necessários para o cálculo do IQA.

**Tabela 4:** Caracterização dos pontos de coleta, de acordo com levantamento de campo.

Ponto	Atendimento a Lei 12.651/2012	Alteração na cor	Presença de odor	Condição do cercamento	Presença de animais	Atividade desenvolvida nas proximidades
P1	Não atende	Não	Não	Cercada em boas condições	Não identificado	Pecuária de corte e agricultura
P2	Atende	Leve alteração	Não	Cercada parcialmente	Identificado	Pecuária de corte
P3	Atende	Não	Não	Cercada em boas condições	Não identificado	Avicultura e agricultura
P4	Atende	Não	Não	Cercada em boas condições	Não identificado	Pecuária de leite
P5	Não atende	Não	Não	Não possui cercamento	Identificado	Pecuária de leite
P6	Não atende	Não	Não	Não possui	Identificado	Pecuária de corte

				cercamento		
P7	Atende	Leve alteração	Não	Não possui cercamento	Identificado	Pecuária de corte
P8	Não atende	Alterada	Não	Não possui cercamento	Identificado	Pecuária de corte
P9	Não atende	Alterada	Não	Não possui cercamento	Identificado	Pecuária de corte
P10	Atende	Não	Não	Não possui cercamento	Identificado	Pecuária de corte
P11	Não atende	Alterada	Leve odor	Não possui cercamento	Identificado	Suinocultura
P12	Não atende	Não	Não	Não possui cercamento	Identificado	Suinocultura
P13	Atende	Não	Não	Cercada em boas condições	Não identificado	Pecuária de corte
P14	Não atende	Leve alteração	Não	Não possui cercamento	Identificado	Pecuária de corte

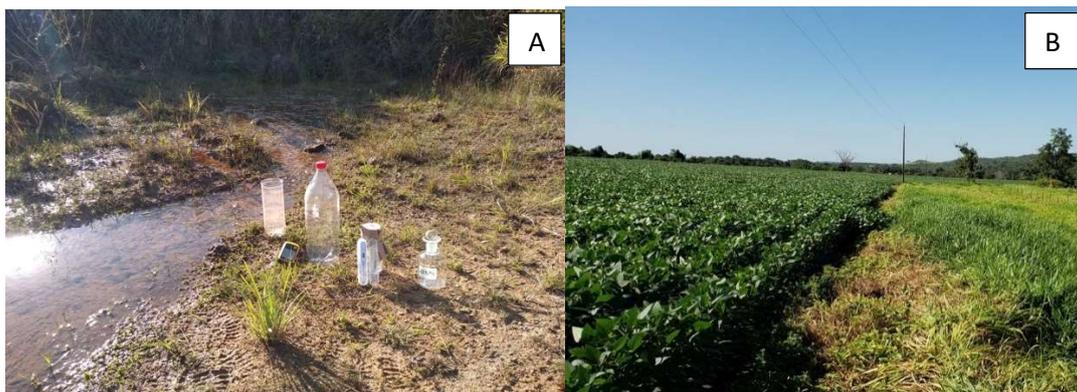


Figura 3: Identificação da Nascente 01 (A) e plantio de soja (B) no seu entorno.



Figura 4: Nascente 02 (A) com vegetação em seu entorno(B).

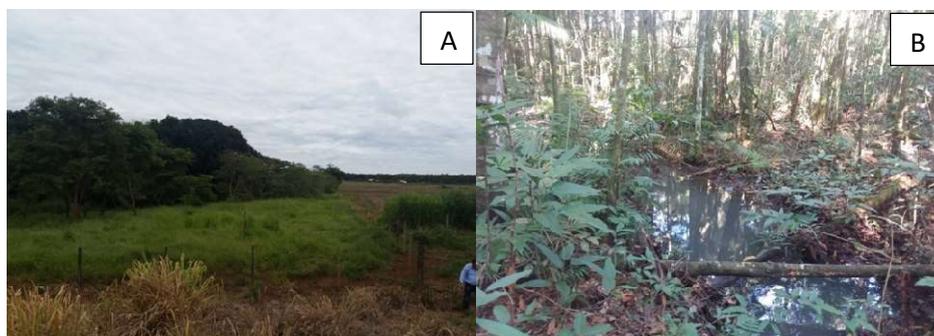


Figura 5: Nascente 03(B) localizada no interior da mata(A).

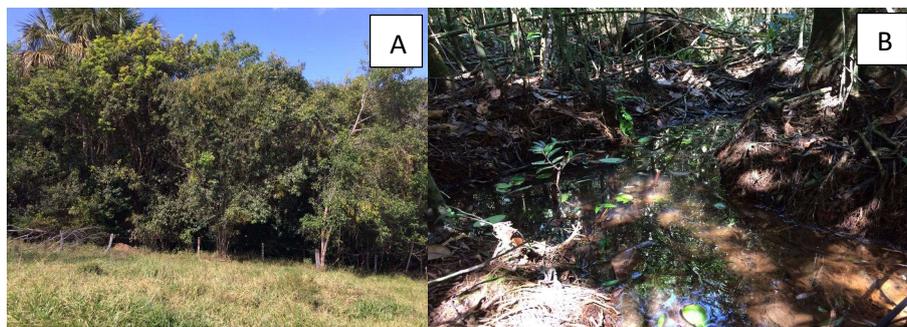


Figura 6: Nascente 04(B) localizada no interior da mata(A).

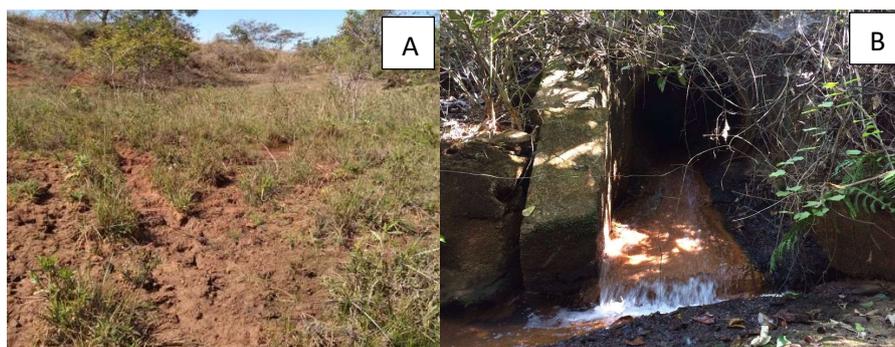


Figura 7: Nascente 05(B), presença de animais(A) em seu entorno.



Figura 8: Nascente 06(B) localizada na mata(A) ao fundo.

Nas Tabelas 4 e 5 estão apresentados os resultados das análises físicas, química e microbiológicas da água coletas nos 14 pontos avaliados. Os valores admissíveis dos parâmetros foram baseados na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água conforme a classe de enquadramento e, de potabilidade, conforme Portaria nº 05/2017 do Ministério da Saúde. O córrego Laranjal – das nascentes até o seu exutório – não possui documento formal de aprovação do seu enquadramento, portanto é considerado de classe 2 (BRASIL, 2005).



Figura 9: Ponto de coleta no leito do córrego laranjal.



**Figura 10:** Nascente 08 com vestígios da presença de bovinos(A) e falta de vegetação no entorno(B).



**Figura 11:** Nascente 09 (A) falta de vegetação no entorno da nascente e água turva (B).



**Figura 12:** Nascente com afloramento bem próximo a pastagem e com presença de gado em sua área.

A temperatura é um dos padrões, ou características organolépticas de qualidade das águas atrelada à sensibilidade dos organismos vivos, que tornam uma água atraente ou não para o consumo. Quando a alteração da temperatura de um corpo hídrico é tão significativa a ponto de alterar a sua qualidade, ela passa a ser caracterizada como poluição térmica (PERCEBON, 2005).

As temperaturas observadas (23,6° - 27°C) não refletiram qualquer atividade antrópica que estivesse ocorrendo nas águas, verificando-se apenas uma elevação de seus níveis em virtude do incremento da temperatura do ar ao longo das coletas, visto que o município apresenta clima tropical úmido, com temperatura média anual variando entre 19°C e 31°C (PIRES DO RIO, 2017).



**Figura 13:** Nascente 11 localizada nas proximidades de uma suinocultura(A), e água turva(B).



**Figura 14:** Nascente 12(B), localizada a jusante da criação de suínos da propriedade rural, com presença parcial de vegetação(A).



**Figura 15:** Nascente(B) com boa preservação(A) em seu entorno.

A faixa de turbidez 0,54 – 28,8 UNT, no período de estiagem e 0,51-23,5, no período chuvoso é considerada normal, estando em concordância com o padrão de qualidade de águas superficiais da Resolução CONAMA nº 357/2005. Conforme a Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde, 64,3% e 35,7% dos pontos, nos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente apresentaram valores menores que 5 UNT. Os maiores valores foram encontrados nos pontos P2, P5, P6, P7, P11 e P14, que apresentaram também os maiores valores de DBO. Entretanto, sua variação pode estar relacionada tanto com a quantidade de matéria orgânica presente na água quanto com a quantidade de sólidos. A turbidez do ponto P2 também pode ter sido influenciada pelo aporte aéreo de matéria orgânica proveniente das árvores e de animais silvestres, que a utilizam para dessedentação, culminando também na movimentação do solo.



Figura 16: Ponto de coleta no leito do córrego laranja(A), próximo à captação da SANEAGO, com água turva(B).

Tabela 5: Características físicas, químicas e microbiológicas referente a 1ª coleta realizada no dia 24/08/2018.

Ponto de coleta	Alt.	T	TU	CE	ST	N <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	DBO	OD	pH	CT	CF
	m	°C	UNT	µS cm <sup>-1</sup>	.....mg L <sup>-1</sup> .....			..mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>			NMP 100mL <sup>-1</sup>	
P1	851	23,6	0,54	11,59	7,14	0,79	0,09	5,39	5,28	6,31	80,00	11,00
P2	840	27,0	28,8	19,28	10,00	1,06	0,15	5,09	5,83	6,00	128,40	99,30
P3	860	26,5	0,72	16,36	1,43	0,76	0,09	7,10	5,09	6,18	307,60	80,90
P4	840	26,4	2,07	13,28	1,43	0,88	0,07	6,58	4,44	5,99	224,70	129,10
P5	820	26,4	6,39	21,89	11,43	1,40	0,07	6,28	6,39	6,16	461,10	261,30
P6	790	26,4	2,39	111,60	90,00	1,06	0,15	6,62	4,07	6,35	2.419,6	1.986,3
P7	752	26,7	7,58	35,43	42,86	1,95	0,17	5,91	8,89	6,24	2.419,6	727,00
P8	770	26,7	2,55	35,53	32,86	0,69	0,11	5,73	7,96	6,87	307,60	18,90
P9	759	26,0	1,84	58,61	45,71	1,08	0,15	5,28	7,04	6,47	1.203,3	435,20
P10	752	25,3	0,92	55,22	35,71	1,14	0,07	7,25	6,44	6,20	1.54,00	20,80
P11	747	24,8	17,9	42,72	25,71	1,18	0,09	5,11	5,83	5,82	1.986,3	1.460,3
P12	741	24,6	1,42	78,59	68,57	0,62	0,25	4,65	6,11	6,13	1.163,6	130,80
P13	740	24,1	2,40	77,30	50,00	0,75	0,11	4,48	7,13	6,70	1.986,3	204,60
P14	711	23,8	11,0	40,16	12,86	1,57	0,11	4,39	8,15	6,31	1.986,3	11,00

Alt=altitude; T= temperatura; TU= turbidez; CE= condutividade elétrica; ST= sólidos totais; N<sub>total</sub>= nitrogênio total; P<sub>total</sub>= fosforo total; DBO= demanda bioquímica de oxigênio; OD= oxigênio dissolvido; pH= potencial de hidrogênio; CT= coliformes totais; CF= coliformes termotolerantes.

Os menores valores de turbidez registrados nos demais pontos, corroboram com estudos de Miller et al. (2009), onde pode ser um indicativo da proteção oferecida pelo cercamento, pois este evita o pisoteio do gado no entorno do olho d'água e abranda a turbidez (proveniente dos solos e excrementos), além de oferecer maior proteção pelo adensamento das gramíneas forrageiras, presentes ao redor dessas nascentes protegendo o corpo d'água de enxurradas, facilitando a sua infiltração.

Segundo CETESB (2010), a condutividade elétrica representa uma medida indireta do efeito antrópico, já que depende das concentrações iônicas e da temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na água. Dessa forma, as nascentes localizadas nos pontos P6 e P10 apresentaram valores para o parâmetro condutividade elétrica acima de 100 µS cm<sup>-1</sup>, indicando ambientes impactados, conforme (CETESB, 2010).

**Tabela 6:** Características físicas, químicas e microbiológicas referente a 2ª coleta realizada no dia 16/12/2018.

Ponto de coleta	Alt.	T	TU	CE	ST	N <sub>total</sub>	P <sub>total</sub>	DBO	OD	pH	CT	CF
	m	°C	UNT	µS cm <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>		mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>		NMP 100mL <sup>-1</sup>			
P1	851	23,6	0,51	28,22	2,86	0,04	0,01	7,14	3,15	6,31	81,64	5,20
P2	840	27,0	23,5	27,74	8,57	0,19	0,07	6,71	3,15	6,00	213,45	20,00
P3	860	26,5	1,00	23,70	2,86	0,06	0,23	7,89	3,70	6,18	690,52	50,00
P4	840	26,4	1,33	14,64	5,71	0,19	0,34	15,31	7,04	5,99	280,53	122,30
P5	820	26,4	17,0	17,00	28,57	0,07	0,07	7,68	3,52	6,16	870,15	155,00
P6	790	26,4	11,1	119,5	104,4	0,11	0,11	11,34	5,56	6,35	4.550	3.960,3
P7	752	26,7	15,0	57,20	61,43	0,10	0,13	17,13	7,96	6,24	3615,4	600,00
P8	770	26,7	6,08	47,37	17,14	0,12	0,03	13,25	5,30	6,87	605,90	150,00
P9	759	26,0	5,94	84,00	57,14	0,14	0,07	12,66	6,02	6,47	1.503,4	155,00
P10	752	25,3	1,54	116,8	30,00	0,18	0,03	8,76	4,17	6,20	194,30	93,40
P11	747	24,8	7,73	79,26	40,00	0,26	0,01	11,55	5,09	5,82	2.680,4	1413,6
P12	741	24,6	1,40	86,31	75,71	0,01	0,30	5,84	2,69	6,13	1.986,30	435,20
P13	740	24,1	6,72	88,07	2,86	0,15	0,11	13,40	6,02	6,70	1.986,3	5380,0
P14	711	23,8	22,1	51,42	61,43	0,15	0,17	12,66	5,65	6,31	2.430,2	925,00

Alt=altitude; T= temperatura; TU= turbidez; CE= condutividade elétrica; ST= sólidos totais; N<sub>total</sub>= nitrogênio total; P<sub>total</sub>= fosforo total; DBO= demanda bioquímica de oxigênio; OD= oxigênio dissolvido; pH= potencial de hidrogênio; CT= coliformes totais; CF= coliformes termotolerantes.

Para ST, o ponto que apresentou o maior valor foi o P6, com quase o dobro dos valores encontrados nas demais nascentes, que pode ter tido influência da inclinação elevada do terreno (maior probabilidade de sofrer erosão do solo, caso não sejam utilizadas práticas conservacionistas).

De modo geral, estudos mostram que a concentração de sólidos em mananciais aumenta quando ocorre uma maior exposição de partículas de solo da superfície da bacia, conforme podemos perceber ao fazer o comparativo dos dados obtidos na Tabela 4 (período de estiagem) e Tabela 5 (período chuvoso). Toledo et al. (2002) apontaram que áreas agricultadas sem manejo conservacionista, matas em regeneração, áreas habitadas, entre outros, são potenciais fontes de sedimentos.

A principal fonte de N e P nas águas das nascentes pode ter sido causada em função da decomposição da matéria orgânica ou pelo incremento de fertilizantes nas lavouras e pastagens próximas, seja por células ou por excrementos de animais, tendo em vista a ausência de contaminação a montante por esgotos domésticos ou efluentes industriais. No caso do P, há também a adição ocorrida por decomposição de rochas (SPERLING, 2007), que, juntamente com sua mobilidade no solo diferente da do nitrogênio, pode explicar a não correlação entre ambos.

Os valores de P<sub>total</sub> registrados nas nascentes em todos os pontos coletados ficaram acima da faixa considerada como aceitável pela Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde, que afirma que a concentração normal de fósforo em águas naturais não poluídas situa-se na faixa de 0,01 mg L<sup>-1</sup> a 0,05 mg L<sup>-1</sup>. No entanto, nos pontos P3, P4, e P12, onde os maiores valores foram obtidos, pode-se concluir que uma possível fonte nos pontos P3 e P4 é a decomposição orgânica de material lenhoso, já o ponto P12 é um indicativo de contaminação da suinocultura próxima a nascente.

Ao observar os valores de DBO nas Tabelas 4 e 5, os valores variam de 4,39 no P14 para o período de

estiagem e, 17,13 no P7, para o período chuvoso, indicando que o teor de DBO nas nascentes não estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece o valor máximo de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005). Esses resultados corroboraram com o estudo feito por Bárbara et al (2010), o qual mostra que nas águas do rio Araguari, os teores de DBO também se mostraram elevados no período chuvoso (7,77 mg.L<sup>-1</sup>). Esse parâmetro diz respeito a quantidade de oxigênio que é gasto pelos microrganismos de um manancial, possivelmente poluído, na oxidação da matéria orgânica, pois quando a demanda é alta, a mesma consome grande parte do oxigênio dissolvido da água, que conseqüentemente causa a morte de peixes e seres aeróbios (FARIAS, 2006).

Para Damasceno et. al (2015), quando a DBO encontra-se acima do permitido pela legislação, quer dizer que o corpo hídrico sofre interferência de atividades antrópicas, uso e ocupação do solo inadequado e lançamento de efluentes, então o aumento da DBO no período chuvoso pode ser justificado pelo escoamento superficial.

Para o OD, a Resolução Conama 357/2005 determina que esse parâmetro deve estar acima de 5,0 mg.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005). Observa-se nas Tabelas 4 e 5 os valores de OD seguiram a mesma tendência do que ocorreu com a DBO, sendo mais elevado no período de estiagem, corroborando com Gonçalves et. al (2006), que afirmam que os maiores valores de oxigênio dissolvido encontrados nos períodos secos podem ser atribuídos ao menor valor da temperatura e aumento na solubilidade do gás.

Em um manancial sem poluição, o material que mais sofre oxidação pelo oxigênio dissolvido é a matéria orgânica, esse processo pode ser chamado também de degradação aeróbica, que acontece em águas ricas em oxigênio (FIORUCCI et al., 2005).

O oxigênio dissolvido na água é responsável pela respiração dos seres aeróbicos e outro fator importante deve-se ao fato de que o OD em águas residuais ricas em matéria orgânica é desejável por evitar o surgimento de odores desagradáveis que venham impedir seus usos como por exemplo, a água potável (FIORUCCI et al., 2005).

A faixa de pH observada (5,82 – 6,87) é considerada pouco alterada de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 onde a faixa padrão é de (6,00 – 9,00) não sendo evidenciado um padrão espacial de ocorrência. Estes dados, isoladamente, não indicam quaisquer efeitos da ação humana na qualidade das águas.

Todas as nascentes analisadas apresentaram contaminação por coliformes, de forma semelhante ao ocorrido com as fontes de abastecimento humano em áreas rurais (BARBIERI et al., 2013; CAVALCANTE, 2014; GALATTO et al., 2011; GOMES et al., 2011; RHEINHEIMER et al., 2010; ROCHA et al., 2006), demonstrando a precariedade do abastecimento rural no país. Embora os coliformes não causem doenças, sua presença pode ser indicadora de outros microrganismos causadores de doenças (WU et al., 2011). Dessa forma, a presença de CT em água de nascentes é considerada tolerável apenas nos casos em que for detectada a ausência de *E. coli* e/ou CT (Portaria nº 5/2017). Mas, para uma maior segurança, a Resolução CONAMA nº 357/2005 recomenda a desinfecção das águas destinadas ao abastecimento.

Os menores valores de CT e CF foram observados nos pontos P1, P2 e P3, provavelmente devido à existência do cercamento e o isolamento da área, que diminuem o contato da água com possíveis contaminantes provenientes do acesso de animais. Tal fato corrobora com estudo de Abera et al., (2011), o qual demonstraram que fontes de água protegidas apresentaram melhor qualidade microbiológica comparativamente a fontes não protegidas. Dessa forma, tais estruturas melhoram a qualidade higiênica nos sistemas rurais de abastecimento, locais onde a desinfecção não é viável por razões técnicas e/ou econômicas. Todavia, convém ressaltar que a presença de tais estruturas nem sempre é garantia de melhora na qualidade da água, conforme evidenciado por Rheinheimer et al. (2010).

O valor alto de CF para os pontos P6, P11 e P13 pode ser justificado pelo livre acesso dos animais de criação (suínos e bovinos) à água dessa nascente. Mesmo no caso em que as nascentes estão cercadas, porém uma maior quantidade de animais que circulam em seus arredores parece ter influenciado na quantidade de microrganismos encontrados na água. Esse é o caso dos pontos P4 e P5, que apresentaram valores mais elevados de coliformes, comparativamente ao ponto P8, na qual foi constatado durante as coletas uma menor quantidade de bovinos no entorno da área cercada dessa nascente. Resultados semelhantes foram encontrados por Primavesi et al. (2002), os quais concluíram que a quantidade de animais circundantes a montante da nascente influencia na quantidade de CF presentes na água, uma vez que estes definem as zonas de pastejo iniciando a onda de desfolhação a partir dos pontos de água (DUARTE et al., 2014).

### Índice de Qualidade da Água (IQA)

**Tabela 7:** Valores de IQA obtidos nos pontos de coletas, nos períodos de seca e chuvoso respectivamente.

Ponto de coleta	IQA	
	1ª Coleta 24/08/2018	2ª Coleta 16/12/2018
P1	79	72
P2	67	64
P3	72	69
P4	68	70
P5	69	64
P6	59	58
P7	65	64
P8	78	74
P9	71	74
P10	75	72
P11	61	62
P12	72	60
P13	76	59
P14	70	62

Na Tabela 6 são apresentados os valores do IQA para os 14 pontos de coleta, nos períodos de estiagem e chuvoso. De acordo com a classificação do IQA segundo o Estado de Goiás (Figura 1), todos os índices encontrados para as análises realizadas na 1ª e 2ª coleta foram de boa qualidade, porém ao analisar os dados separadamente podemos perceber que todas as amostras coletadas estão impróprias para o consumo humano sem antes passar por processo de tratamento, visto que em todas as amostras analisadas foram obtidos resultados significativos de coliformes termotolerantes o que de acordo com a Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde, a água para consumo humano deverá apresentar ausência de coliformes totais em 100 mL.

O menor valor do IQA encontrado foi no ponto P6 para duas coletas, algo importante a se destacar é o elevado valor encontrado para os coliformes termotolerantes, o alto valor de ST o que é indicativo de uma maior declividade e um ponto onde ocasiona mais com efeito de erosão e a lixiviação de material orgânico o que contribuiu para o baixo valor do IQA. Por se tratar de uma área de nascente o valor encontrado não era o esperado, porém em análise minuciosa para identificar a possível fonte de contaminação foi verificado que o local é uma fonte de água para os bovinos da propriedade e de animais silvestres e que contribui para os elevados índices de CF.

O melhor IQA encontrado foi no ponto P1, o que possui um entorno exclusivamente agrícola com adoção de plantio direto, portanto a presença de animais não influenciou na qualidade da água. Outro fator relevante é que apesar da nascente não estar totalmente preservada em seu entorno, o solo não está descoberto, sendo encontrado grande presença de capim brachiaria, o que está contribuindo para diminuir o efeito do escoamento superficial e contribuindo assim para o alto índice de IQA encontrado.

Outro ponto importante a se destacar são os pontos P7 e P14, ambos coletados no leito do córrego laranjal, onde foram identificados os maiores índices para  $N_{total}$  e  $P_{total}$ , a principal fonte nas águas pode ter sido causada em função da decomposição da matéria orgânica, seja por excrementos de animais ou por fontes vegetais, tendo em vista a ausência de contaminação a montante por esgotos domésticos ou efluentes industriais. Além disso, conhecer a existência da fonte poluidora permite acompanhar o crescimento de algas visando adotar medidas de controle (CHAPMAN et al., 1992). No entanto, são necessários maiores estudos nas nascentes a fim de monitorar a qualidade da água no que se refere a esses aspectos.

## CONCLUSÃO

O índice de qualidade das águas (IQA) apresentou valores consideravelmente altos, demonstrando a qualidade ambiental das nascentes. Apesar de alguns parâmetros estarem alterados, o IQA foi coerente com o enquadramento realizado e em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Porém, de acordo com os resultados encontrados, pode-se concluir que todas as nascentes monitoradas apresentaram-se inadequadas para o consumo humano “in-natura” de água, segundo os padrões de potabilidade, indicando que vêm sofrendo com a degradação ambiental, sendo necessárias intervenções no sentido de garantir sua qualidade.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017.

ANA. Agência Nacional de Águas.. **Indicadores de qualidade**: índice de qualidade das águas (IQA). Brasília: ANA, 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12614**. Águas: determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO): método de incubação (20° C, cinco dias). Brasília, 1992.

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. Brasília: MMA, 2005.

BRASIL. **Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Dispõe sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília: MS, 2017

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia**

**nacional de coleta e preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB, 2011.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017.** São Paulo: CETESB, 2018.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES, A. P.. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **Geografias**, v.8, n.2, p.8-23, 2012.

GAIN, A. K.; GIUPPONI, C.; WADA, Y.. Measuring global water security towards sustainable development goals. **Environ. Res. Lett.**, v.11, n.12, e.124015, 2016.

GOMES, E. R.. Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da Serra dos Matões, município de Pedro II, Piauí. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual

Paulista, Rio Claro, 2015.

HIRATA, H.. Tendências recentes da precarização social e do trabalho: Brasil, França, Japão. **Caderno CRH**, v.24, p.15-22, 2011.

LEAL, M. S.. Caracterização hidroambiental de nascentes. **Revista Ambiente e Água**, v.12, n.1, p.146-155, 2017.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA, E. F. F.; Diagnósticos das águas dos principais rios de Blumenau (SC). **Boletim Paranaense de Geociências**, n.56, p.7-19, 2005.

SILVEIRA, A. M.. **Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe usando análises multivariadas de dados.** Dissertação (Mestrado em recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

SPERLING, M. V.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.