

Análise físico-química e bacteriológica de corpo hídrico localizado próximo ao cemitério de um município do extremo sul catarinense

Maria Eduarda de Melo^{1*}, Meline Oliveira dos Santos Morais², Claudia Peluso Martins³

¹Mestranda em Bioinformática, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. (*Autor correspondente: mariaeduardamelo50@gmail.com)

²Doutoranda em Ciências da Saúde, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil.

³Mestre em Saúde Coletiva, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 29/01/2023 – Revisado em: 24/03/2023 – Aceito em: 02/04/2023

RESUMO

Os cemitérios são potenciais poluidores do meio ambiente, além dos solos, podem poluir as águas superficiais e subterrâneas das proximidades, através do necrochorume, o líquido resultante da decomposição dos cadáveres. O presente trabalho teve como objetivo diagnosticar, através de análises físico-químicas e microbiológicas, a qualidade da água do Rio Tigre localizado próximo ao cemitério da cidade de Cocal do Sul/SC. Foram realizadas três coletas da água do rio, em dois pontos, um ponto usado como branco e outro próximo ao cemitério. Foram encontrados coliformes totais e termotolerantes nos dois pontos testados. Os valores de turbidez, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato e fósforo total, estavam maiores no ponto próximo do cemitério em relação ao ponto branco, porém dentro do permitido pela legislação, com exceção do fósforo total em uma das coletas. Também foram encontradas larvas de *Chironominae* sp na água do rio, um bioindicador de excesso de matéria orgânica. De acordo com os resultados obtidos, não se pode atribuir que as alterações observadas nas águas superficiais sejam apenas pela influência do cemitério, uma vez que esses parâmetros podem ser alterados por atividades humanas externas. Sugere-se novos estudos para a comprovação da possível influência do cemitério nas águas do Rio Tigre.

Palavras-Chaves: Análise de água, Cemitério, Poluição.

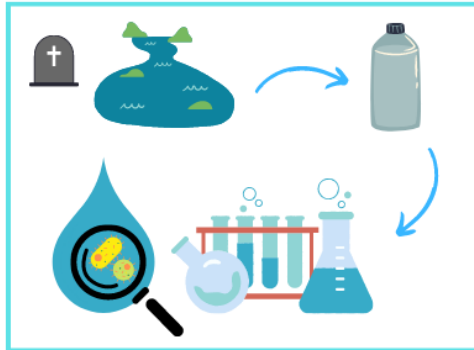
RESUMO ILUSTRATIVO - GRAPHICAL ABSTRACT

Análise físico-química e bacteriológica de corpo hídrico localizado próximo ao cemitério de um município do extremo sul catarinense

Cemitérios poluem águas superficiais?



Desenho experimental



Autores: Maria Eduarda de Melo, Meline Oliveira dos Santos Morais, Claudia Peluso Martins



Melo, M. E., Morais, M. O. S. & Martins, C. P. (2023). Análise físico-química e bacteriológica de corpo hídrico localizado próximo ao cemitério de um município do extremo sul catarinense. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.11, n.2, p.113-128.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença *Creative Commons* - CC BY 4.0.

Physicochemical and bacteriological analysis of a water body located near the cemetery of a municipality in the extreme south of Santa Catarina (Brazil)

ABSTRACT

Cemeteries are potential polluters of the environment, in addition to soils, they can pollute surface and underground waters, through necrochorume, the liquid resulting from the decomposition of corpses. The present study aimed to diagnose, through physical-chemical and microbiological analyses, the water quality of the Tigre River located near the cemetery of the city of Cocal do Sul/SC. Three river water collections were carried out at two points, one used as a white point and the other close to the cemetery. Total and thermotolerant coliforms were found in the two tested points. The values of turbidity, electrical conductivity, ammonia and nitrate nitrogen and total phosphorus were higher at the point close to the cemetery in relation to the white point, but within the limits allowed by legislation, with the exception of total phosphorus. Chironominae sp larvae were also found in the river water, a bioindicator of excess organic matter. According to the results obtained, it cannot be attributed that the changes observed in surface waters are only due to the influence of the cemetery, since these parameters can be altered by external human activities. Further studies are suggested to prove the possible influence of the cemetery on the waters of the Tigre River.

Keywords: Water analysis, Cemetery, Pollution.

1. Introdução

Em decorrência do aumento demográfico, a necessidade de cemitérios maiores vem crescendo para suportar a quantidade de sepultamentos humanos. Uma vez que esse local é considerado potencialmente poluidor do meio ambiente ele acaba desfavorecendo a manutenção da qualidade e sanidade ambiental e com o aumento populacional isso acaba se agravando, caso o crescimento urbano ocorra de forma não planejada (Celi, 2016).

Um dos recursos indispensáveis no nosso cotidiano, e que é afetado com a poluição, é a água. Ela é essencial para podermos viver e para a manutenção e o equilíbrio ambiental dos ecossistemas, além de ser usada em diversas atividades realizadas pelo homem, como a produção de alimentos, de energia, de bens de consumo, como o transporte e o lazer (Lima, 2001). Porém, ela não é ilimitada. Segundo a UNESCO (2017), a disponibilidade dos recursos hídricos depende da qualidade da água, pois a poluição das águas limita o seu uso. Se não houver uma mudança em nossas práticas, a qualidade da água continuará a piorar nas próximas décadas, e o risco a saúde humana e dos ecossistemas irá aumentar cada vez mais, colaborando para a falta de água e prejudicando o desenvolvimento econômico sustentável.

A família dos Chironomidae (ordem: Diptera) é um conceituado bioindicador, por seus membros apresentarem sensibilidade e tolerância a uma série de variáveis químicas, físicas e tróficas do hábitat aquático, sendo que essas influenciam sua distribuição e abundância, por isso são particularmente usados para estudar a qualidade das águas. Apresentam muita tolerância às condições ambientais extremas, como variações de pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), salinidade, profundidade e velocidade de correntes. As larvas da subfamília Chironominae conseguem sobreviver em águas com baixo oxigênio dissolvido, podendo assim indicar que a água apresenta grande quantidade de matéria orgânica, que por consequência aumenta o número de microrganismos que consomem oxigênio da água. (Bonani, 2010; Santos, 2007; Viveiros, 2012).

A principal fonte de poluição vinda das necrópoles é o líquido originado da decomposição dos cadáveres, conhecido como necrochorume. Ele é responsável pela poluição física, química e biológica das águas superficiais e subterrâneas das proximidades (Bacigalupo, 2012; Celi, 2016). A sua toxicidade química vem da presença de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e aminas, na sua composição, sendo a putrescina (1,4 Butanodiamina) e a cadaverina (1,5 Pentanodiamina) as aminas que mais se destacam devido as suas toxicidades elevadas (Dent, Forbes & Stuart, 2003; Fineza, 2008). Essas duas substâncias podem ser desaminadas, pela ação de bactérias, gerando amônia (NH₃), e essa é convertida em amônio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻) (Migliorini, 1994; Resende, 2002).

Segundo a pesquisa feita por Matos (2001), no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, na cidade de São Paulo, as sepulturas provocam um aumento na quantidade de sais minerais, aumentando a condutividade

elétrica das águas. Parece haver um aumento na concentração dos íons maiores, como bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), sódio (Na^+) e cálcio (Ca^{2+}). O líquido resultante da decomposição dos corpos contém microrganismos como bactérias, vírus, fungos intestinais e protozoários, e esses podem poluir águas superficiais e subterrâneas (Trick et al., 2001 *apud* Żychowski & Bryndal, 2015).

As bactérias que geralmente são liberadas de cadáveres de humanos e de animais são, por exemplo, aquelas que formam o grupo classificado como coliformes totais: *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Klebsiella* spp., *Citrobacter* spp., e outras bactérias, como *Streptococcus faecalis*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium welchii* e *Salmonella typhi* (Matos 200; Dent, Forbes & Stuart, 2003; Castro, 2008). As bactérias do grupo coliforme totais são normalmente empregadas como indicadores de contaminação fecal, principalmente o seu subgrupo chamado de coliformes termotolerantes, com destaque a bactéria *E. coli*, uma enterobactéria, que está associada a infecções gastrointestinais, geralmente gastroenterite, por via fecal-oral (Marouelli et al., 2014).

Durante a procura por trabalhos relacionados ao tema escolhido, notou-se a carência de estudos feitos em águas superficiais próximas aos cemitérios, uma vez que a maioria das pesquisas são realizadas em solo ou em águas subterrâneas, além disso, tendo em mente os impactos que podem afetar a saúde humana e a biodiversidade aquática, faz-se necessário a realização de pesquisas a respeito da contaminação das águas superficiais gerada por cemitérios.

Em vista disso, o presente trabalho tem como objetivo diagnosticar a qualidade da água de um rio próximo ao cemitério da cidade de Cocal do Sul (Santa Catarina). O rio em questão é o Rio Tigre e ele irriga uma boa parte da cidade e plantações, há também a presença de silvestres e rurais que vivem aos seus arredores. Além disso, os cidadãos têm fácil acesso ao rio. Levando em considerações esses pontos, monitorar a qualidade ao longo do rio é indispensável.

2. Material e Métodos

2.1 Localização do cemitério e do Rio Tigre

O cemitério municipal de Cocal do Sul é situado na região urbana da cidade, na Rua Alfredo Del Priori, e ele possui aproximadamente 26.050 m² de área. Próximo ao cemitério corre o Rio Tigre, que vem da barragem Rio Tigre, localizada na zona rural da cidade. Pode-se observar a vista aérea do cemitério na Figura 1.

Figura 1 – Vista aérea do Cemitério Municipal de Cocal do Sul.
Figure 1 - Aerial view of the Municipal Cemetery of Cocal do Sul.



Fonte: Google Earth, 2020. (Adaptado)
Source: Google Earth, 2020. (Adapted)

Depois de percorrer uma parte do município ele desemboca no Rio Cocal, o principal rio de Cocal do Sul, e esse último volta para zona rural, indo em direção ao município vizinho. Esse rio irriga uma boa parte da cidade e plantações, há também a presença de silvestres e rurais que vivem aos seus arredores. Além disso, os cidadãos têm fácil acesso ao rio.

2.2 Coleta das amostras

As coletas das amostras do Rio Tigre foram autorizadas pela Fundação Municipal do Meio Ambiente de Cocal do Sul (FUNDAC). No total foram realizadas três coletas em dois pontos, e em dias diferentes. Os pontos escolhidos são: o branco, representado por a “B”, que foi usado como controle, e o outro ponto, simbolizado pela letra “P”, em um trecho próximo ao cemitério, sendo uma região com maior probabilidade de apresentar alguma alteração, uma vez que o necrochorume está concentrado mais próximo dos túmulos. As coordenadas geográficas dos pontos de coleta são de 28°36'08.4"S e 49°19'24.3"W, para o ponto P, e 28°36'19.4"S, 49°19'33.1"W, para o ponto B, e eles podem ser observados na Figura 2 o primeiro fica aproximadamente a 60 m do cemitério e o último fica aproximadamente a 378 m.

As amostras foram coletadas com a ajuda de um bailer e foram armazenadas em diferentes frascos de acordo com os parâmetros a serem analisados e contendo (quando necessário) reagente específico para preservação, de acordo com a Tabela 1. Coletou-se 3,6 L de amostra em cada coleta, totalizando 10,8 L.

Tabela 1 – Armazenamento e preservação das amostras de água conforme o parâmetro.
Table 1 – Storage and preservation of water samples according to the parameter.

Parâmetro	Tipo de frasco	Preservação da amostra
Nitrogênio amoniacal	1 frasco plástico de 500 mL	H ₂ SO ₄ e resfriamento
Nitrogênio nitrito	1 frasco plástico de 500 mL	Resfriamento
Fósforo total	1 frasco plástico de 500 mL	H ₂ SO ₄ e resfriamento
Cloreto total, nitrogênio nitrato, turbidez, pH e condutividade	2 frascos plásticos de 750 mL	Resfriamento
Coliformes totais e termotolerantes	6 frascos estéreis de 100 mL	Resfriamento

Fonte: O autor, 2020; ABNT,1987.
Source: The author, 2020; ABNT,1987.

Realizou-se as coletas nos dias 15, 22 e 29 de setembro do ano de 2020, todos no período da manhã. No primeiro dia o tempo estava nublado e fazia 8 °C na hora da coleta, no dia 22 o tempo estava parcialmente nublado e fazia 8 °C, já no último dia de coleta o dia estava ensolarado e fazia 16 °C. Tanto na primeira e na terceira coleta, choveu no dia anterior. A menor distância entre o rio e o cemitério é em torno de 45 m, como se pode observar na Figura 3, também na Figura 3 é possível ver o sentido do fluxo do rio.

Figura 2 – Pontos de coleta das amostras de água.
Figure 2 – Water sample collection points.



Fonte: Google Earth, 2020. (Adaptado)
Source: Google Earth, 2020. (Adapted)

Figura 3 – Distância entre o rio e o cemitério e fluxo do rio.
Figure 3 – Distance between river and cemetery and river flow.



Fonte: Google Earth, 2020. (Adaptado)
Source: Google Earth, 2020. (Adapted)

Após a coleta foram identificados e armazenados os frascos e, em seguida, encaminhados, em uma caixa de isopor em baixa temperatura, ao Laboratório de microbiologia e o Laboratório de química da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), e para o Laboratório de águas e efluentes industriais do Iparque.

2.3 Análises das amostras

Foram selecionados alguns parâmetros de análise mais utilizados na literatura para a pesquisa de contaminação por necrochorume, priorizando os que mais apresentavam alterações. As análises físico-químicas foram realizadas seguindo os livros *Standard methods For The Examination Of Water & Wastewater* 23ª edição (APHA, 2017) e *Standard Test Method for Determination of Dissolved Alkali and Alkaline Earth Cations and Ammonium in Water and Wastewater by Ion Chromatography*. Para as análises bacteriológicas utilizou-se o Kit Aquatest Coli da empresa Laborclin.

2.3.1 Coliformes totais e coliformes termotolerantes

A análise foi em duas etapas, sendo a primeira a etapa qualitativa e a segunda quantitativa, conforme a bula do *Kit* (Laborclin, 2019). Acrescentou-se o meio a um frasco estéril contendo 100 mL de amostra e agitou-se suavemente até completa homogeneização, depois incubou-se em estufa Quimis Q317B253, a $35 (\pm 0,5) ^\circ\text{C}$ durante 18-24h. Na etapa quantitativa, acrescentou-se o meio a um frasco estéril contendo 100 mL de amostra em análise e agitou-se suavemente até a completa homogeneização, distribui-se alíquotas iguais de 20 mL para 5 tubos estéreis (que não emitiam fluorescência) e por fim incubou-se em estufa a $35 \pm 0,5 ^\circ\text{C}$ durante 24h. As amostras que permanecem inalteradas e sem turvação são consideradas negativas para a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. As amostras coliformes positivas foram detectadas visualmente por desenvolvimento de cor amarela no meio de cultura, sendo que a presença de *E. coli* foi detectada pela observação de fluorescência azul esverdeada quando a amostra exposta a luz UV, com comprimento de onda de 365nm, em ambiente escuro. A combinação dos resultados positivos e negativos é usada na determinação do NMP (número mais provável) de coliformes em uma dada amostra.

O resultado é expresso em NMP/100mL, isto é, o número mais provável de organismos em 100 mililitros de amostra. A tabela 2 foi usada para a determinação do NMP.

Tabela 2 – Tabela NMP

Table – NMP table

Tubos Positivos	0	1	2	3	4	5
NMP/100 mL	<1,1	1,1	2,6	4,6	8	>8

Fonte: Laborclin, 2019.

Source: Laborclin, 2019.

2.3.2 Turbidez, Condutividade elétrica, pH

Para a mensuração da turbidez, usou-se um turbidímetro Poli Control AP2000. Com aparelho devidamente calibrado conforme as instruções do fabricante, as amostras foram agitadas e logo depois foi feita a leitura. A determinação da condutividade das amostras foi dada por um condutivímetro Quimis Q795M2, imergindo o eletrodo nas amostras, depois de calibrado. Foi usado um pHmetro Quimis Q400A para as medidas de pH. Com o pHmetro devidamente calibrado com as soluções padrões, as amostras foram agitadas, e a leitura foi feita com o eletrodo do aparelho.

2.3.3 Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio nitrito e fósforo total

O nitrogênio amoniacal, o nitrogênio nitrito e o fósforo total foram mensurados no Laboratório de águas e efluentes industriais do Iparque, usando, respectivamente, Cromatografia iônica, espectrometria e Espectroscopia de emissão usando plasma acoplado indutivamente.

2.3.4 Nitrogênio nitrato

Na determinação da concentração de nitrato nas amostras foi utilizada a espectrofotometria. Utilizou-se uma solução padrão de nitrato (10,0 µg de NO₃⁻-N /mL) para a construção da curva padrão com diferentes concentrações de NO₃⁻-N. Preparou-se os padrões de calibração de NO₃ na faixa 0 a 7 mg de NO₃⁻-N /L diluindo para 50 mL os seguintes volumes da solução intermediária de NO₃: 0, 2,00, 4,00, 7,00, 14,0, 35,0 mL. Logo depois, realizou-se a leitura das amostras da água do rio. As amostras foram filtradas, depois foi adicionado 1 mL de ácido clorídrico (HCl) em 50 mL de amostra e feita a leitura da absorbância no comprimento de onda de 220 nm, no espectrofotômetro FEMTO 700. Logo após, foi feita a leitura da absorbância em 275 nm, um comprimento de onda que o nitrato não absorve, servindo para eliminar as interferências vinda de matérias orgânicas. Subtraiu-se duas vezes a leitura da absorbância a 275 nm da leitura a 220 nm para obter a absorbância real, tanto nas amostras como nas soluções padrões. Os padrões de NO₃⁻-N foram tratados da mesma maneira que as amostras, com 1 mL de HCl.

3.3.5 Cloreto total

O método utilizado para quantificação dos íons cloreto foi o argentométrico, que consiste em uma titulação que utiliza solução padrão de nitrato de prata 0,05 N (AgNO₃) como titulante e uma solução indicadora de cromato de potássio 5% (K₂CrO₄). O pH das amostras foram ajustados para o intervalo de 7 a 10 com hidróxido de sódio (NaOH). Utilizou-se 100 mL de amostra, adicionou-se 1,0 mL de solução indicadora de K₂CrO₄ e por último, a solução de AgNO₃ foi titulada até a mudança da cor amarela para vermelho. Após a titulação é feito um cálculo utilizando a Equação 1.

$$mg\ Cl/L = ((A - B) \times N \times 35.450) / \text{Volume da amostra, em mL} \quad (1)$$

Onde: A = volume da solução de AgNO₃ gasto para titular a amostra, em mL.

B = volume da solução de AgNO₃ gasto para titular o branco, em mL.

N = Normalidade de AgNO₃.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resultados dos parâmetros bacteriológicos e físico-químicos das amostras de água

Atualmente no Brasil, os padrões de qualidade para as águas subterrâneas estão estabelecidos pelo CONAMA, do Ministério do Meio Ambiente, especificamente pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que classifica os corpos de água e define as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e que também estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (Brasil, 2005). Os resultados nas análises físico-químicas foram comparados com o valor máximo permitido (VMP) dos parâmetros, considerando a água do rio como de classe 2. Os resultados obtidos para coliformes não foram comparados com o permitido na resolução, pois ela exige seis análises distribuídas ao longo de um ano.

Os resultados das análises bacteriológicas e físico-químicas obtidos nos três dias de coleta estão dispostos nas Tabelas 3 e 4 respectivamente.

Tabela 3 – Resultados de coliformes das amostras de água.
Table 3 – Coliform results from water samples.

Coliformes (NMP/100 mL)	Ponto P			Ponto B		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
Totais	>8	>8	>8	>8	>8	>8
Termotolerantes	>8	>8	>8	>8	>8	>8

Fonte: O autor, 2020.
Source: The author, 2020.

Tabela 4 – Resultados dos parâmetros físico-químicas das amostras de água.
Table 4 – Results of physicochemical parameters of water samples.

Parâmetros	Ponto P			Ponto B			Resolução nº357
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	
Turbidez (UNT)	*	62,00	42,30	*	55,00	27,30	100,00
Condutividade (µS/cm)	255,00	594,00	289,00	223,00	247,00	243,00	**
pH	6,78	7,15	7,27	6,81	6,91	7,06	6,00 a 9,00
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1,10	3,30	1,20	0,90	0,10	1,00	3,70 (pH ≤ 7,5)
Nitrogênio nitrito (mg/L)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	1,00
Nitrogênio nitrato (mg/L)	0,61	1,17	<0,20	0,55	0,45	<0,20	10,00
Fósforo total (mg/L)	< 0,05	1,62 ⁺	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	0,10
Cloreto total (mg/L)	24,22	31,31	28,36	19,50	28,95	38,40	250,00

* Não mensurado.

** Valor máximo permitido não estabelecido pela resolução.
+ Acima do limite estabelecido pela resolução.

Fonte: O autor, 2020.
Source: The author, 2020.

3.2 Coliformes totais e termotolerantes

Ambos os trechos do rio Tigre se mostraram tanto com a presença de coliformes totais, como coliformes termotolerantes, em todas as análises. Cabe aqui salientar que, por se tratar de águas superficiais, estas são mais suscetíveis às atividades humanas externas, não podendo ser necessariamente atribuído à poluição do cemitério.

No estudo produzido por Celi (2016), no cemitério de São Valentim-RS, obtiveram resultados próximos para coliformes totais entre o pronto branco utilizado e os corpos d'água analisados. Em relação a *E.coli*, a quantidade de bactéria foi maior nos pontos mais próximos do cemitério em relação ao ponto branco. Marques (2017), analisando diferentes córregos na região do cemitério municipal Parque Cachoeira, localizado em Betim-MG, viu que, no período chuvoso, os pontos analisados tinham a presença de coliformes totais em torno de 1600 ou mais, menos no ponto branco, e para os coliformes termotolerantes apenas um ponto houve a presença dos mesmos. Já no período de estiagem, a quantidade de bactéria foi maior e nesse caso o ponto branco também apresentava coliformes. Também foram encontrados níveis elevados coliformes totais e

termotolerantes nas águas subterrâneas e em um córrego a 100 metros do cemitério São José, em Belém-PA (Braz, Beckmann & Costa e Silva, 2000).

3.2 Turbidez, Condutividade elétrica e pH

Turbidez é a mudança na penetração da luz nas partículas em suspensão, levando à sua difusão e absorção. São substâncias compostas por plâncton, bactérias, partículas de solo, matéria orgânica e fontes de poluição que liberam substâncias finas (Macedo, 2006). Além disso, a alta turbidez também pode afetar a preservação de organismos aquáticos, usos industriais e atividades recreativas (ANA, [201?b]).

É possível observar que os valores encontrados para turbidez se mantiveram maiores no ponto perto do cemitério em relação ao ponto B, além disso, houve uma diminuição dos valores na terceira coleta, em ambos os pontos, em relação aos valores do segundo dia, propõe-se que isso ocorreu devido as chuvas no dia anterior a 3ª coleta, deixando a água do rio diluída. Este parâmetro apresentou-se satisfatório, já que em todas as campanhas os resultados obtidos foram inferiores ao limite estabelecido de até 100 UNT. Outro estudo que também se obteve valores baixos de turbidez foi o de Bertachi, Santos e Stipp (2019), feito em torno do cemitério São Pedro, em Londrina – PR onde se teve uma média de 4,16 UNT, na primeira campanha de coleta, e de 7,8 UNT, na segunda.

Segundo Fravet e Cruz (2007), a condutividade elétrica da água é a capacidade desta em conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica, principalmente dos íons de cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto. Como a maioria desses elementos está presente no necrochorume, a condutividade pode indicar contaminação. A condutividade elétrica muda com a sazonalidade sendo menor no período chuvoso por causa do aumento do fator de diluição dos íons (Esteves, 2011 apud Piratoba et al, 2017).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece valor máximo para a condutividade elétrica, porém, de acordo com Von Sperling (2007), as águas naturais apresentam condutividade entre 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores mais elevados de condutividade elétrica em ambos os pontos provavelmente vêm da interação das águas superficiais do rio e as características do ambiente em seu entorno, ou seja, urbanizado (Fineza, 2008), porém pode-se notar que os valores de condutividade elétrica do ponto perto do cemitério se mantiveram maiores em relação ao ponto branco, principalmente na amostra da segunda coleta, mostrando uma maior presença de íons no ponto P. No ponto B os valores de condutividade elétrica foram parecidos em todas as coletas, já no ponto P, no primeiro e último dia de coleta, os valores estavam menores em relação ao segundo dia, provavelmente devido as chuvas ocorridas nos dias anteriores às coletas, o que acabou diluindo os íons presentes na água do rio. Em um estudo realizado no cemitério São José, em Belém, a água do córrego localizado a 100 metros do cemitério apresentava um valor de 199,8 mS/cm (Braz, Beckmann & Costa E Silva, 2000).

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas e alterações no pH podem aumentar os efeitos de substâncias químicas tóxicas para os organismos aquáticos, como os metais pesados (ANA, [201?b]).

Além dos valores de pH não mostrarem diferenças entre o ponto P e o ponto B, em ambos os pontos e em todas as coletas, eles se mantiveram dentro do intervalo de 6 a 9, valor estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA, para a proteção da vida aquática. No estudo realizado por Marques (2017), em diferentes córregos na região do cemitério municipal Parque Cachoeira, as águas estudadas também estavam dentro do intervalo permitido. Já na pesquisa efetuada por Bertachi, Santos e Stipp, (2019), a água do córrego localizado perto do cemitério tinha um caráter mais ácido, com uma média de 5,9, no mês em que se teve uma quantidade de chuvas menor, e de 5,66 no mês com maior precipitação de chuva, ficando abaixo do permitido pela resolução 357 do CONAMA.

3.5 Nitrogênio amoniacal

Żychowski (2012) considerada a amônia o produto principal de decomposição, sendo ela mais móvel no solo que cloretos e íons de sulfato de sódio, percorrendo as camadas de solo mais rápido. A presença de altas concentrações de amônia pode indicar contaminação recente (Alaburda & Nishihara, 1998).

Os valores presentes nesse estudo se mantiveram dentro do valor estabelecido pelo CONAMA para águas de classe 2 (3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$), apesar de que é possível ver um aumento do número na concentração de nitrogênio amoniacal no ponto P em relação ao ponto branco, principalmente na segunda coleta, dia em que não houve chuva no dia anterior.

No estudo feito por Celi (2016), também foram encontrados valores baixos para amônia, tanto no ponto branco usado, onde não foi detectado a presença de amônia, como nos pontos perto ao cemitério, no entanto, não foram pesquisados outros compostos nitrogenados decorrentes da amônia. No entanto, Marques (2017) encontrou valores acima do permitido em um dos córregos estudados, principalmente na época de estiagem.

3.6 Nitrogênio nitrato e Nitrogênio nitrito

Águas contaminadas por NO_3^- , podem causar prejuízos à saúde, pois esse possui ação na síntese de nitrosaminas e nitrosamidas no estômago humano, sendo que essas são duas substâncias cancerígenas (Alaburda & Nishihara, 1998). Além disso, no corpo humano, o nitrato se torna nitrito e se combina com a hemoglobina para formar a metahemoglobina, impedindo assim o transporte de oxigênio no sangue (Silva & Araujo, 2003).

Pode-se observar que na primeira e na segunda coleta, os valores de nitrogênio nitrato se mostraram maiores no ponto P em relação ao B, principalmente no segundo dia, onde se obteve um valor de 1,17 e 0,45 mg/L N, para o ponto P e o ponto B, respectivamente, aumentando a suspeita de contaminação por necrochorume devido à putrescina e a cadaverina serem subprodutos do necrochorume os quais contribuem na formação do nitrato (Migliorini, 1994; Resende, 2002). Mas, mesmo havendo esse aumento no trecho perto do cemitério, os valores encontrados ainda estão dentro do valor permitido pela resolução do CONAMA, que estabelece um valor máximo de 10 mg/L N.

Em ambos os estudos realizados por Bertachi, Santos e Stipp, (2019) e Zina (2015), tendo o mesmo córrego analisado, foram encontrados valores acima do permitido de nitrato, além disso, também foram encontrados altos valores para a água subterrânea em alguns pontos analisados.

O NO_2^- indica uma fase intermediária da oxidação do nitrogênio que, quando presente na água potável, tem um efeito mais rápido e intenso do que o NO_3^- (Silva & Araujo, 2003; Baird, 2011). Todos os valores obtidos para nitrogênio nitrito foram menores ou iguais a 0,10 mg/L, abaixo da quantidade aceita pelo CONAMA, de 1,0 mg/L, para todas as classes de águas. No estudo realizado por Neira et al (2008), utilizando águas subterrâneas de diferentes pontos do cemitério de Santa Inês-ES, também foi encontrado esse mesmo perfil para o nitrito, onde os valores se mantiveram parecidos e baixos em todos os pontos e em todas as campanhas, enquanto alguns pontos foram encontrados valores altos para o nitrogênio amoniacal e o nitrato, onde se pressupõe que quando o nitrogênio amoniacal é oxidado para NO_2^- , esse é rapidamente convertido para NO_3^- .

3.8 Fósforo total e Cloreto Total

O fósforo total mensura ortofosfatos, fosfatos condensados e fosfatos orgânicos nas amostras de água. O fósforo aparece na água natural principalmente devido ao lançamento de esgoto doméstico. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. A drenagem da

agricultura e de áreas urbanas também pode causar fósforo excessivo em corpos d'água naturais. (CETESB, 2018).

A amostra do ponto P, da segunda coleta, se mostrou com uma concentração de fósforo bem mais alta em relação ao ponto B, apresentando um valor de 1,62 mg/L, além de ultrapassar o limite aceito pela legislação, de 0,1 mg/L, indicando uma possível contaminação nesse trecho do rio.

No corpo humano, o armazenamento de fósforo é encontrado em vários componentes: em proteínas que compreendem ácidos nucleicos e coenzimas; em fosfato de açúcar; e em fosfolipídios do cérebro e da medula espinhal (Dent, Forbes & Stuart, 2003). Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água (CETESB, 2018).

Ayers e Westcot (1999) afirmam que altas concentrações de Cl^- em águas usadas para a irrigação podem causar danos as folhas de culturas, deixando-as com aspecto de queimada. Além disso, podem indicar contaminação pelo necrochorume, visto que altas concentrações desse composto aumentam a quantidade de sais minerais, levando ao aumento dos íons cloreto (Matos, 2001). No entanto, em comparação com a Resolução CONAMA nº 357, as concentrações de cloreto obtidas em todas as amostras analisadas se mostraram bem abaixo do VMP, de 250 mg/L, usado como parâmetro para todas as classes de água.

3.10 Bioindicador

Durante a coleta das amostras foram encontradas larvas de mosquito da subfamília *Chironominae* (família *Chironomidae*), em ambos os pontos de coleta. Imagens das larvas encontradas podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4 – Microscopia da larva do mosquito da subfamília *Chironominae*.
Figure 4 – Microscopy of the mosquito larva of the *Chironominae* subfamily.



Fonte: O autor, 2020.
Source: The author, 2020.

De acordo com Santos (2007), a presença da família *Chironomidae* pode ser relacionada a uma má condição da água onde eles se encontram, principalmente devido a um valor aumentado de matéria orgânica e consequentemente uma diminuição do oxigênio dissolvido.

Um dos problemas causados pelo excesso de fósforo e nitrogênio nas águas superficiais é a eutrofização, uma vez que o excesso desses nutrientes favorece a proliferação exagerada de algas e plantas aquáticas. Consequentemente, a própria respiração e os restos de plantas e algas mortas depositados no fundo provocam a redução na disponibilidade de oxigênio, causando a morte de peixes e outros organismos. Além disso, pode haver aumento da turbidez, reduzindo a penetração de luz na água (Resende, 2002), com isso pode-se relacionar à presença da larva *Chironominae*, nos pontos de coleta, uma vez que ela se alimenta da matéria orgânica abundante, consegue viver em águas com pouco oxigênio e têm preferência por ambientes com níveis de degradação maiores (Santos, 2007).

Levando em consideração os resultados levantados, é difícil impor uma influência somente do cemitério às águas do rio estudado, uma vez que esse também é afetado por outras vias de poluição oriundas da cidade, porém é possível observar um aumento nos valores de alguns parâmetros no ponto próximo do cemitério em relação ao ponto branco, o que deixa o questionamento se esse aumento é a soma de uma poluição vinda de atividades humanas, esgotos etc, adicionado de uma influência do cemitério. Contudo, havendo ou não essa influência na poluição vindo do cemitério, os valores dos parâmetros mensurados se mostraram abaixo do máximo permitido pela legislação vigente (salvo caso pontual do fósforo total), mostrando que o rio não oferece perigo a saúde do ecossistema local.

4. Conclusão

Com o estudo realizado nas águas superficiais próximas ao cemitério municipal de Cocal do Sul pode-se concluir que em relação as análises bacteriológicas, não se pode afirmar que há influência vinda do cemitério, já que em ambos os pontos havia presença de coliformes totais e termotolerantes. Foi possível observar um aumento nos valores de turbidez, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, no ponto próximo do cemitério em relação ao ponto branco, em todas as vezes mensuradas. Por exemplo, na segunda coleta, em que os valores de turbidez, condutividade elétrica e nitrogênio amoniacal, no ponto do cemitério foram de 62,00 UNT, 594,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 3,30 mg/L, respectivamente e no ponto do branco foram de 55,00 UNT, 247,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 0,10 mg/L. Porém as análises físico-químicas apresentaram valores inferiores ao estabelecido como referência pelo CONAMA. Desta forma, apesar das diferenças de valores entre os pontos, esses não apresentaram índices de contaminação, com exceção do fósforo total.

Com base nos dados apresentados, é difícil atribuir as diferentes concentrações nas águas superficiais apenas pela existência do cemitério, uma vez que esses parâmetros podem ser alterados por atividades humanas externas. Sugere-se um estudo mais detalhado para a comprovação da possível influência do cemitério, ainda que pequena, nas águas do Rio Tigre.

Recomenda-se a realização de uma investigação mais profunda das águas do Rio Tigre, acrescentando também as águas subterrâneas próximas ao cemitério e o solo do local. Como visto nos resultados, a quantidade de chuva interfere no fator de diluição de poluentes, sendo interessante a realização de duas campanhas de coletas ao longo do ano, uma no período chuvoso e outra no período de estiagem.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) por disponibilizar os laboratórios para que as análises fossem realizadas e aos funcionários do laboratório de química da universidade por auxiliarem nas análises e no uso dos laboratórios.

6. Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1987). Preservação e técnicas de amostragem de

efluentes líquidos e corpos receptores. NBR 9898. (**Nota Técnica**)

Laborclin. (2019). Aquateste coli. Disponível em: <https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/06/510118-AQUATESTE-COLI-ONPG-MUG-CALDO-CX-10FR-1.pdf>. Acesso em: 25/06/2020.

Alaburda, J. & Nishihara, L. (1998). Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, 32(2),160-165.

APHA - American Public Health Association. (2017). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** (23th ed.). Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Ayers, R.S. & Westcot, D.W. Tradução de Gheyi, H. R.; de Medeiros, J. F. & Damasceno, F. A. V. (1999). **A qualidade de água na agricultura**. (2.ed.). Campina Grande: UFPB.

Bacigalupo, R. (2012). Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais. **História, Naturaza e Espaço**, 1(1).

Baird, C. (2011). **Química ambiental**. (4. ed.). Porto Alegre: Bookman.

Bertachi, M. H., Santos M. M. & Stipp, M. E. F. (2019). Concentração de nitrato em poços tubulares profundos e corpo hídrico superficial na região central de Londrina – PR: estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro. **Ciência Geográfica**, 23(2), 567-581.

Bonani, F. (2010). **Avaliação de deformidades morfológicas em larvas de *Chironomus (Diptera, Chironomidae)* na bacia do rio Piracicaba e sua aplicação no biomonitoramento**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 357, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 17 de mar. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 10/10/2020. 2005.

Braz, V., Beckmann L. & Costa E Silva, L (2000, setembro). Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios. **1 st Joint World Congress on Groundwater**, Fortaleza., CE, Brasil, 1–14.

Castro, D. L. (2008). Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza - CE. **Revista Brasileira de Geofísica**, 26(3),251-271.

Celi, J.(2016). **Avaliação do potencial de poluição do solo e das águas superficiais decorrentes de atividade cemiterial**. Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, Brasil.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2018). **Fundamentos do controle de**

poluição das águas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas-T3.pdf>. Acesso em: 12/11/2020.

De Faveri, H. E. & Souza, J. C. D. P. (2006). **Cocal do Sul: um mergulho em sua história.** (21. ed.). Cocal do Sul: Grafiper.

Dent, B.B., Forbes, S. L. & Stuart, B. H. (2003). Review of human decomposition processes in soil. **Environmental Geology**, 45, 576–585.

Fineza, A. G. (2008). **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de tabuleiro – MG.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Fravet, A. M. M. F. & Cruz, R. L. (2007). Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP. **Irriga**, 12, 144-155.

Google Earth.(2020). Cemitério Municipal. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Cemiterio+Municipal++Rua+Alfredo+Del+Priori++Centro,+Cocal+do+Sul++State+of+Santa+Catarina,+Brazil/@-28.6029007,-49.3224345,62.15365936a,914.02911774d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCTTdOrf9mTzAEdmYM5ZNmz zAGbZ5mDCmqEjAIfnKSeYzqkA>. Acesso em: 04/06/2020.

Lima, J. E. F. W. (2001). **Recursos hídricos no Brasil e no mundo.** Planaltina: Embrapa Cerrado. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/555374/1/doc33.pdf>. Acesso em: 01/05/2020.

Macêdo, J. A. B.(2002). **Introdução a Química Ambiental: Química e Meio Ambiente e Sociedade.** Juiz de Fora: Jorge Macêdo.

Matos, B. A. (2001). **Avaliação ocorrência e do transporte de micro-organismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha município de São Paulo.** Tese de doutorado, Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Marouelli, W. A., Maldonade I. R., Braga, M. B. & Silva, H. R. (2014). **Qualidade e segurança sanitária da água para fins de irrigação.** Brasília: Embrapa Hortaliças. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118378/1/CT-134.pdf>. Acesso em: 25/01/2023.

Marques, J. C. G. (2017). **Diagnóstico ambiental de solo, água subterrânea e superficial no entorno do cemitério municipal Parque Cachoeira em Betim-MG.** Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Bambuí, MG, Brasil.

Migliorini, R. B. (1994). **Cemitério como fonte de poluição em aquíferos: estudo do cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Neira, D. F., Terra1, V. R., Pratte-Santos, R. & Barbiéri, R. S.(2008). Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **Natureza on line**, 6, 36-41.

Piratoba, A. R., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P. & Gonçalves, W. G. (2017). Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água**, 12(3), 435-456.

Santos, G.N, Cristaldo, P.F, Arce, C.M., Silva, A.L.L. & Nakagaki, J.M. (2007, setembro). Composição e distribuição de larvas de *Chironomidae* (insecta, diptera) nos córregos Curral de arame e Água boa, Dourados, MS. **VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu, MG, Brasil, 1-2.

Silva, R. C. A. & Araujo, T. M.(2003). Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, 8(4)1019-1028.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. (2017). **The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater: The Untapped Resource**. Paris: UNESCO. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>. Acesso em: 08/05/2023.

Viveiros, W. (2012). **Chironomus sancticaroli – do cultivo em laboratório ao ensaio ecotoxicológico com amostras ambientais de sedimento**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Von Sperling, M. (2007). Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. (Vol. 7). Belo Horizonte: UFMG.

Zina, I. (2015). **Avaliação da contaminação por nitrato e metais pesados na água subterrânea e superficial: Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil.

Żychowski, J. & Bryndal, T. (2015). Impact of cemeteries on groundwater contamination by bacteria and viruses – a review. **Jornal of Water and Health**, 13, (2), 285–301.

Żychowski, J. (2012). Impact of cemeteries on groundwater chemistry: A review. **Catena**, 93, 29-37.