

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO PARCIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA
DOS PRINCIPAIS LAJEADOS DO MUNICÍPIO DE HORIZONTINA-RS**

FRANCESQUETT, Janice Z.^{1*}; PEITER, Aline¹; VIEGAS, Cláudia V.²;
KERKHOFF, Darciane E.¹

¹ FAHOR, Curso de Engenharia Química, Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

² FAHOR, Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina-RS, Brasil.

*Autor Correspondente: francesquettjanicez@fahor.com.br

RESUMO

Em virtude da preocupação referente a qualidade dos recursos hídricos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos principais lajeados (Guilherme, Tamanduá e Pratos) situados nas proximidades da cidade de Horizontina-RS. A coleta das amostras foi realizada em três datas em três pontos distintos ao longo de cada lajeado. Os parâmetros avaliados foram temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, concentração de gás carbônico (CO₂) livre, dureza total e contagem de coliformes totais e termotolerantes. Considerando todas as amostras, os valores de temperatura encontrados ficaram entre 21 e 25 °C e o pH entre 6,8 e 7,7. Os resultados para condutividade ficaram abaixo de 250 µS/cm para todas análises com exceção do ponto 1 do lajeado Tamanduá nas duas primeiras amostragens. Os valores de CO₂ livre encontrados ficaram abaixo de 13,5 mg/L, sendo que os valores mais elevados correspondem as amostras do lajeado Guilherme; e todas as amostras foram classificadas com durezas de água mole a dureza moderada. As contagens de coliformes termotolerantes mais elevadas foram encontradas nas amostras do lajeado Guilherme e ficaram situadas entre 90 e 140 NMP/100 mL. A partir do trabalho desenvolvido conclui-se que a maioria dos parâmetros avaliados não apresentam indícios de qualidade críticas considerando os três lajeados analisados, com exceção do ponto de coleta 1 do lajeado Tamanduá e das amostras do lajeado Guilherme,

porém ressalta-se a necessidade de determinação de outros parâmetros, além de avaliações periódicas para que possa monitorar e controlar possíveis alterações.

Palavras chave: qualidade, parâmetros físico-químicos e microbiológicos, lajeados, Horizontina.

**DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL
PARAMETERS FOR PARTIAL EVALUATION OF WATER QUALITY OF MAIN
SMALL STREAMS OF WATER OF HORIZONTINA-RS CITY**

ABSTRACT

Due to the great concern regarding the quality of water resources, the objective of this study was to evaluate the physico-chemical and microbiological parameters of the main small streams of water (Lajeado Guilherme, Tamanduá and Pratos) located near the city of Horizontina-RS. The samples were collected on three dates at three different points along each small stream of water. The parameters evaluated were temperature, pH, conductivity, concentration of free carbon dioxide (CO₂), total toughness and total and thermotolerant coliform counts. Considering all the samples, the temperature values found were between 21 and 25 °C and the pH between 6.8 and 7.7. The results for conductivity were below 250 µS/cm for all analyzes with the exception of point 1 of Lajeado Tamanduá in the first and two samplings. The free CO₂ values found were below 13.5 mg/L, with the highest values corresponding to Lajeado Guilherme samples; and all samples were graded with soft water toughness at moderate toughness. The highest thermotolerant coliform counts were found in Lajeado Guilherme samples and were between 90 and 140 NMP/100 mL. From the work developed, it is concluded that most of the evaluated parameters do not present any critical quality evidence considering the three small streams of water analyzed, except for collection point 1 of Lajeado Tamanduá and Lajeado slab samples, but it is necessary to determination of other parameters, and periodic evaluations so that can monitor and control possible changes.

Keywords: quality, physical-chemical and microbiological parameters, small streams of water, Horizontina.

1 INTRODUÇÃO

As preocupações com os recursos naturais aumentaram significativamente nos últimos anos, mais especificamente com os recursos hídricos e principalmente, aqueles potencialmente utilizados pelas populações para abastecimento (NETO & SARCINELLI, 2009; RODRIGUES, LOPES & PARDAL, 2013). A qualidade de um recurso hídrico é resultante de fenômenos naturais e da ação do homem. Os fenômenos naturais fogem em grande parte do alcance de medidas controladoras, porém, a poluição gerada pelas atividades antropogênicas, as quais se destacam os despejos domésticos e industriais, o uso de fertilizantes e agrotóxicos (pela drenagem no solo e escoamento em corpos d'água), os despejos de dejetos animais, entre outros, pode ser controlada de forma direta, uma vez que só acontece pela intervenção humana (DERISIO, 2017).

Seguindo este contexto, torna-se importante uma avaliação e um monitoramento da qualidade destes recursos para determinação das características qualitativas e quantitativas que apresentam, bem como, de possíveis contaminações causadas pela influência das atividades humanas. Além disso, de posse destes resultados torna-se possível a realização de medidas de planejamento, controle, recuperação e preservação destes recursos hídricos. Neste cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos três principais lajeados situados na cidade de Horizontina, na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Os ambientes aquáticos possuem diversas finalidades entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura e a harmonia paisagística; além da água ser o principal constituinte de todos os organismos vivos. No entanto, esse recurso tão importante a manutenção da vida vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, o que acaba resultando em prejuízos para a própria humanidade (MORAES & JORDÃO, 2002). A poluição de águas naturais por contaminantes biológicos e químicos tem se tornado um problema mundial e há poucas áreas povoadas, seja em países

desenvolvidos ou não, que não sofrem de alguma forma de poluição das águas (BAIRD & CANN, 2011). Neste contexto, a preocupação com a contaminação de ambientes aquáticos aumenta principalmente quando a água é destinada para o consumo humano (RODRIGUES, LOPES & PARDAL, 2013).

No Brasil, a Resolução nº 357 de 17/03/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece limites máximos de contaminantes e de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos corpos de água, de acordo com o uso. Por outro lado, a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde apresenta os limites máximos de contaminantes em água destinada ao consumo humano (BRASIL, 2017). Neste sentido, um monitoramento da qualidade destes recursos hídricos é crucial para avaliação das características do sistema, assim como qualquer alteração física, química e biológica da água que podem surgir em decorrência de atividades antrópicas e/ou fenômenos naturais (ANA, 2019). Obter o conhecimento de parâmetros de qualidade dos recursos hídricos também é um fator relevante principalmente pela importância crescente de aplicações de instrumentos de gestão ambiental que induzam a modificação do comportamento dos diversos usuários de recursos hídricos de forma a racionalizar o consumo e controlar possíveis contaminações (DEMAJOROVIC, CARUSO, & JACOBI, 2015).

Entre as características físico-químicas que podem ser avaliadas temos a temperatura, o pH, a condutividade, teor de dióxido de carbono (CO_2) livre e dureza total. A temperatura da água é um parâmetro importante para monitoramento e normalmente sofre oscilações em relação às variações sazonais observando-se a diferença entre a temperatura da água em meses mais frios e mais quentes do ano (ALVES et al., 2008). Além disso, o aumento da temperatura das águas é o primeiro impacto esperado na ocorrência de mudanças do clima; afeta a vida aquática elevando a temperatura dos corpos dos organismos (fato que pode ser fatal para alguns peixes), e também aumenta as taxas de respiração, o que por sua vez aumenta o consumo de oxigênio e diminui o teor de oxigênio dissolvido na água podendo ocasionar a morte de organismos aquáticos pela falta de oxigênio (GIRARD, 2013).

O potencial hidrogeniônico (pH) é utilizado a fim de indicar o caráter ácido, básico ou neutro de uma amostra líquida por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). No monitoramento de recursos hídricos é um indicativo importante pois o valor do pH influencia na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o

potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2006). As alterações de pH a níveis mais distantes da neutralidade podem ter origem natural pela dissolução de rochas, processos de fotossíntese, entre outros, ou; antropogênica, ocasionada pelos despejos domésticos e industriais. Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9. Em águas de abastecimento, valores elevados de pH aumentam a possibilidade de incrustações e baixos valores de pH podem contribuir para a corrosividade e agressividade (VON SPERLING, 2005; BRASIL, 2006). De acordo com a Resolução 357 do Conama, a faixa de valor de pH indicado para águas de Classe I é de 6 a 9 (BRASIL, 2005).

A condutividade de uma amostra de água depende dos íons que estão presentes e de suas concentrações, conforme aumenta a concentração de um eletrólito, a condutividade também aumenta porque mais íons estão disponíveis para conduzir a eletricidade. Além disso, este parâmetro também é dependente da temperatura e normalmente as medições são realizadas a 25°C. Por meio da análise de condutividade é possível estimar o teor de sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos ionizados totais (SIT) ou salinidade (g/kg) em uma amostra de água, em virtude de que todas estas soluções iônicas conduzem corrente elétrica devido ao movimento de íons em solução (GIRARD, 2013).

O dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2) é o ácido fraco mais importante na água e está presente em quase todas as águas naturais e residuárias devido a presença de dióxido de carbono no ar e sua produção a partir da decomposição microbiana da matéria orgânica. Altas concentrações de dióxido de carbono livre na água afetam a respiração e a troca de gases em animais aquáticos de maneira negativa, podendo até levar à morte (MANAHAN, 2013). Além disso, em águas naturais pode haver um aumento da acidez ocasionado pela dissolução do gás dióxido de carbono em água, resultando no composto ácido carbônico (H_2CO_3). Neste cenário, há evidências de que o aumento na concentração de CO_2 atmosférico que já tem ocorrido resultou em uma queda de cerca de 0,1 unidade de pH nas águas superficiais dos oceanos no mundo (BAIRD & CANN, 2011).

A dureza, bem como outros elementos que compõem quimicamente a água, depende em grande parte do solo da qual procede. O índice de dureza pode ser avaliado a partir da dureza total, caracterizada pela soma das durezas individuais atribuídas à presença de íons cálcio e magnésio. Quando se encontram altas concentrações destes íons têm-se a classificação de água dura, as quais ocasionam elevado consumo de sabões em lavanderias e danos em tecidos, além de crostas em caldeiras de vapor que ocasionam perdas de calor e

podendo acarretar em explosões (BACCAN et al., 2001). De acordo com Von Sperling (2005) pode-se classificar a água quanto a dureza em cinco classes: água mole (dureza < 50 mg/L de CaCO₃), dureza moderada (dureza entre 50 e 150 mg/L de CaCO₃), água dura (dureza entre 150 e 300 mg/L de CaCO₃) e água muito dura (dureza > 300 mg/L de CaCO₃). Para padrão de potabilidade considera-se o valor máximo permitido de 500 mg/L de CaCO₃ de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 (BRASIL, 2017).

Entre as análises microbiológicas, a contagem de coliformes totais e termotolerantes é um importante parâmetro indicador de contaminação fecal e conseqüentemente da possível presença de microrganismos patogênicos na água. De acordo com a Resolução nº 357 de 17/03/2005 que estabelece os limites permitidos para as diferentes classes de corpos d'água, as águas doces de classe I, destinadas a recreação de contato primário devem obedecer os parâmetros da Resolução CONAMA 274/2000 e para os demais usos não deve exceder o limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para as águas doces de classe II e III os limites a quantidade de coliformes termotolerantes permitida é mais elevada (BRASIL, 2005).

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água dos Lajeados foram coletadas em três datas entre os meses de novembro de 2018 e abril de 2019 e acondicionadas em frascos de polipropileno, para a realização das análises físico químicas. Para as análises microbiológicas as amostras foram coletadas em frascos de vidro de boca larga, previamente esterilizados. Cabe ressaltar que as amostras referentes a um mesmo lajeado foram coletadas em três pontos diferentes ao longo do mesmo, sendo a primeira coleta próximo da nascente e as outras duas a jusante, totalizando 3 amostras por lajeado em cada coleta.

O parâmetro temperatura foi avaliado imediatamente a campo durante a coleta, utilizando um bequer e um termômetro (BRASIL, 2013). Logo após a coleta foram realizadas as avaliações de pH utilizando medidor de pH PHOX P1000 e condutividade utilizando condutivímetro digital portátil PHOX C50.

Posteriormente foram realizadas as análises para verificação da concentração de gás carbônico livre (CO₂) e dureza através da titulometria conforme metodologias descritas no Manual Prático de Análise de Água da Funasa (BRASIL, 2013). Todas as amostras foram

analisadas em triplicata. Para a análise de gás carbônico livre utilizou-se fenolftaleína como indicador e titulou-se com uma solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH) 0,02 M. A análise da dureza total (soma dos íons cálcio e magnésio, como carbonato de cálcio) foi realizada através de diluição e elevação do pH da amostra a 10, procedido de titulação utilizando indicador negro de eriocromo T e solução padrão de EDTA 0,01 M. As análises de gás carbônico livre e dureza não foram realizadas para as amostras do ponto 1 do lajeado Tamanduá em virtude da coloração da água, que se apresentou bastante escura, impossibilitando a análise por titulação utilizando indicadores, em que os resultados finais são avaliados em função de uma mudança de coloração das soluções.

Para melhor representação dos resultados das análises físico-químicas utilizou-se os seguintes códigos de identificação alfanuméricos:

- Letra P, indicando o ponto de coleta antecedendo os números 1, 2 e 3 que correspondem aos locais de coleta ao longo de cada lajeado;
- Letra C, indicando a data da coleta antecedendo os números 1, 2 e 3 que correspondem às datas de coleta entre novembro de 2018 e abril de 2019.

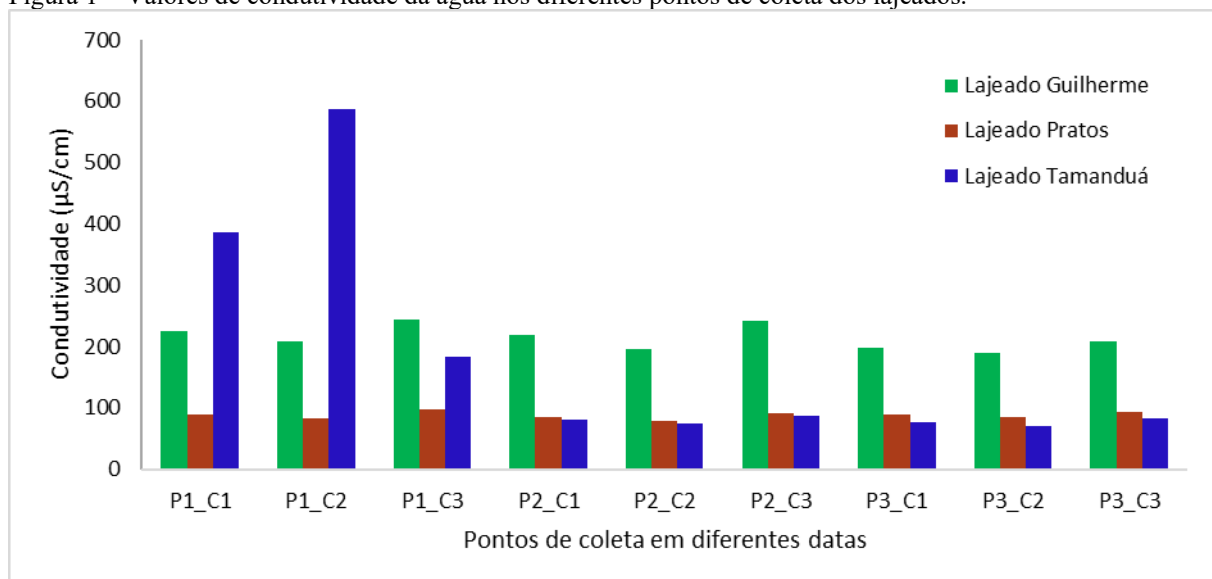
As análises de coliformes termotolerantes foram realizadas pela técnica no número mais provável (NMP) também conhecida como Método de Tubos Múltiplos utilizando as diluições decimais 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} e séries de 5 tubos, conforme técnica descrita no Manual Prático de Análise de Água da Funasa (BRASIL, 2013). Estas análises foram realizadas por lajeado, ou seja, agrupando as amostras dos pontos de coleta 1, 2 e 3 (“pool de amostras”) e apenas nas duas últimas datas de coleta.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

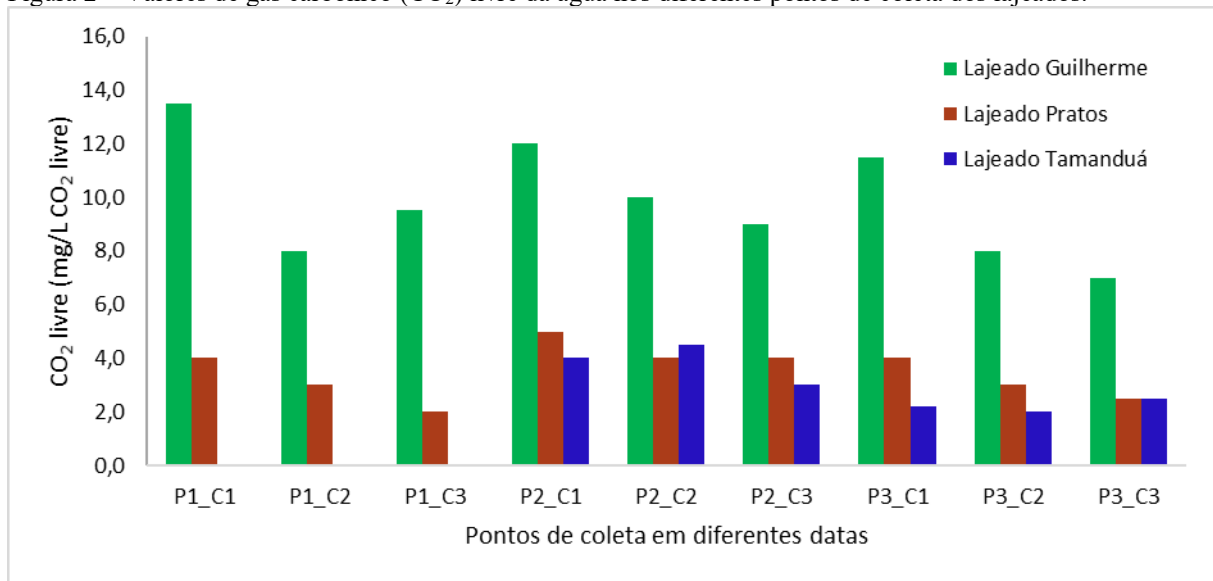
Os resultados encontrados para o parâmetro temperatura, considerando todas as amostras, ficaram na faixa entre 21 a 25 °C, não apresentando elevações de temperatura substanciais quem possivelmente pudessem desencadear o desequilíbrio de reações químicas e bioquímicas que ocorrem normalmente nos corpos d’água. Em relação ao pH, os resultados obtidos foram entre uma faixa de 6,8 e 7,7 para todas as amostras, não apresentando então caráter ácido ou básico em nenhuma amostra e estando de acordo com a classificação normativa apresentada na Resolução 357 do Conama, em que os valores de pH obtidos se enquadram na faixa de pH indicado para água de Classe I, que vai de 6 a 9 (BRASIL, 2005).

Considerando o parâmetro condutividade, os resultados encontrados para todas as amostras estão apresentados na Figura 1. Com exceção das coletas 1 e 2 no ponto 1 do lajeado Tamanduá, as demais amostras apresentaram valores de condutividade abaixo de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores de condutividade elevados no ponto 1 do lajeado Tamanduá, nas duas primeiras coletas podem estar relacionados a descarga de efluentes nas proximidades do ponto de coleta (SARDINHA et al., 2018). Observa-se que nos pontos de coleta 2 e 3 do mesmo lajeado os valores de condutividade já se apresentam menores, provavelmente pela distribuição destes efluentes na água. Por outro lado, os resultados de condutividade para o lajeado Pratos e Guilherme apresentam-se similares nas medições em todos os pontos em diferentes datas de coleta, porém, o valor médio da condutividade encontrado no lajeado Guilherme é praticamente o dobro do valor encontrado no lajeado Pratos.

Figura 1 – Valores de condutividade da água nos diferentes pontos de coleta dos lajeados.

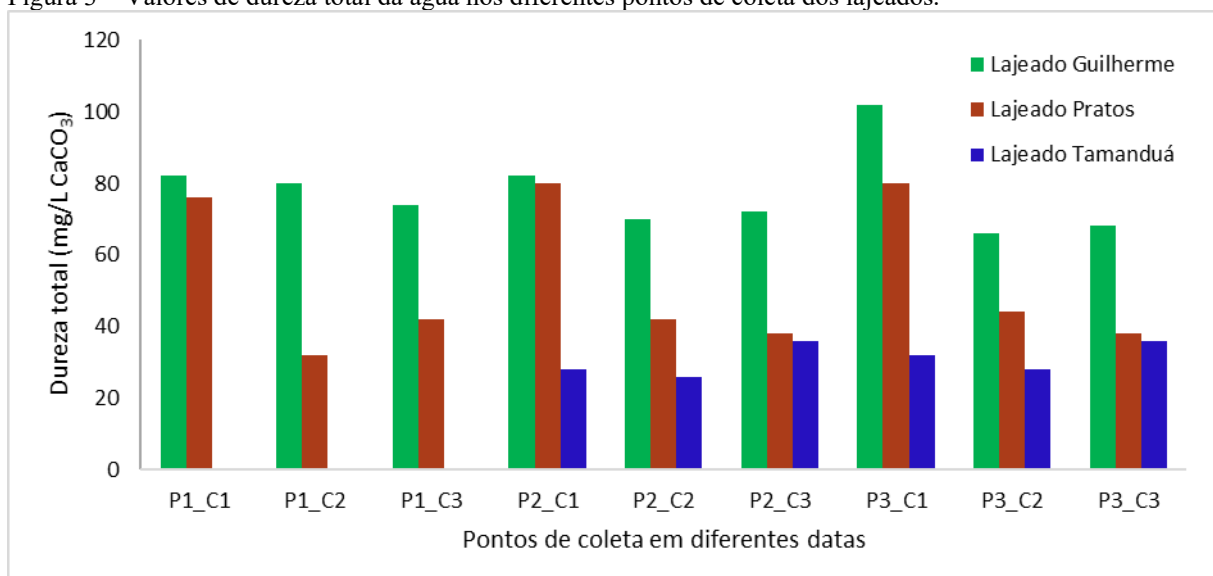


A Figura 2 apresenta os resultados obtidos para o parâmetro gás carbônico livre onde observa-se que valores mais elevados foram encontrados para as amostras do lajeado Guilherme (de 7 a 13,5 mg/L de CO_2 livre). Esse valores podem indicar maiores quantidades de matéria orgânica na água, uma vez que a decomposição microbiana emite CO_2 no meio líquido (CORADI, FIA & PEREIRA-RAMIREZ, 2009). Em águas superficiais normalmente têm-se concentrações de gás carbônico livre menores que 10 mg/L e em águas subterrâneas podem existir maiores concentrações (BRASIL, 2013).

Figura 2 – Valores de gás carbônico (CO₂) livre da água nos diferentes pontos de coleta dos lajeados.

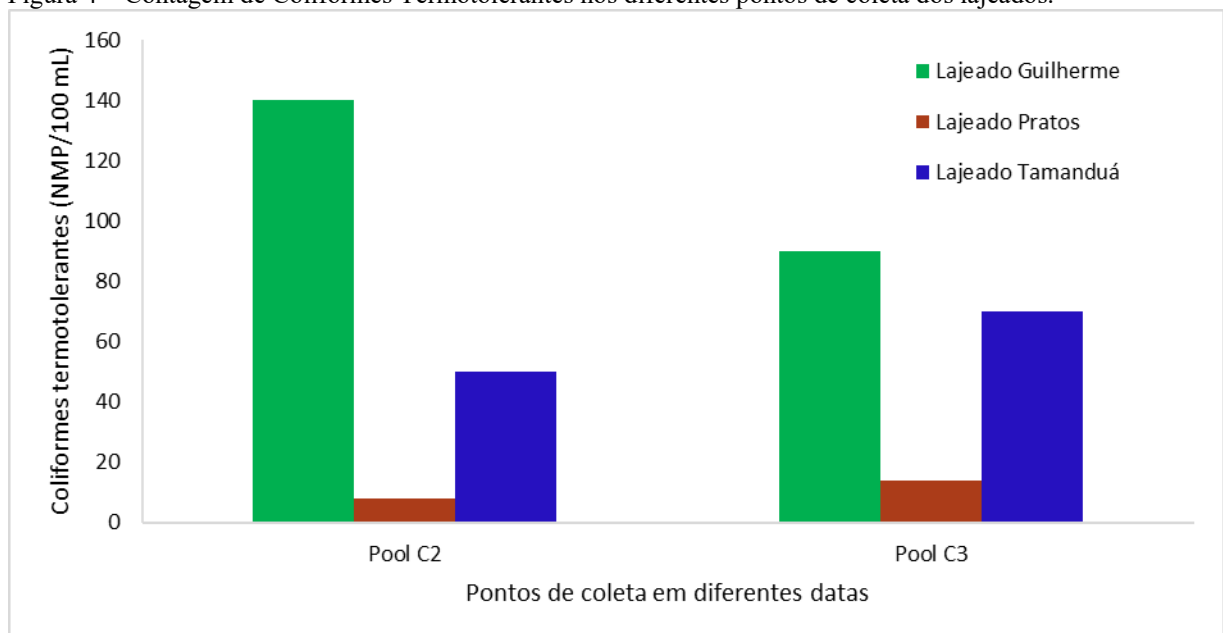
De acordo com os resultados obtidos para dureza total (Figura 3), pode-se concluir que as amostras do lajeado Tamanduá podem ser classificadas como de água mole, por possuírem valores de dureza menores que 50 mg/L de CaCO₃; as amostras do lajeado Pratos são classificadas como de água mole a dureza moderada (valores abaixo de 150 mg/L de CaCO₃) e as amostras do lajeado Guilherme são classificadas como de dureza moderada (entre 50 e 150 mg/L de CaCO₃) (VON SPERLING, 2005). Além disso, todas as amostras encontram-se na faixa de valores permitidos para potabilidade (máximo de 500 mg/L de CaCO₃) conforme a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 (BRASIL, 2017).

Figura 3 – Valores de dureza total da água nos diferentes pontos de coleta dos lajeados.



A contagem de coliformes termotolerantes da água dos três lajeados avaliados situou-se entre 8 e 140 NMP/100 mL (Figura 4), sendo que os valores mais elevados foram encontrados no lajeado Guilherme, entre 90 e 140 NMP/ 100 mL. Estes resultados corroboram com os elevados valores de gás carbônico livre encontrados para o mesmo lajeado, uma vez que ambos os parâmetros podem estar relacionados com a quantidade de matéria orgânica presente na água. O Lajeado Pratos apresentou as menores contagens, entre 8 e 14NMP/ 100 mL. Tais resultados permitem a classificação destes corpos d'água na Classe I descrita na Resolução nº 357 de 17/03/2005 (BRASIL, 2005).

Figura 4 – Contagem de Coliformes Termotolerantes nos diferentes pontos de coleta dos lajeados.



CONCLUSÃO

A partir do trabalho desenvolvido pode-se concluir que a maioria dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados não apresentam indícios de qualidade críticas considerando os três lajeados analisados. Os pontos que merecem atenção e que podem representar indícios de contaminações estão relacionados ao ponto de coleta 1 do lajeado Tamanduá pelos altos valores de condutividade encontrados em algumas análises, bem como as amostras do lajeado Guilherme pelos maiores valores de gás carbônico livre e coliformes termotolerantes. Entretanto, cabe ressaltar que foram avaliados apenas alguns parâmetros de

qualidade e que, para a determinação da real qualidade dos lajeados, outros parâmetros devem ser analisados e avaliados em conjunto. Além disso, compreende-se que estas avaliações devem ser realizadas de forma periódica para que se possa monitorar e controlar possíveis alterações deste cenário.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em: www.ana.gov.br/. Acesso em: 20 mar. 2019.

ALVES et al. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó - Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

BACCAN et al. **Química analítica quantitativa elementar**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2001.

BAIRD, C. & CANN, M. **Química ambiental**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BRASIL. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 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. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 28 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria De Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Portaria-de-Consolida%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-5.pdf>. Acesso em 20 mar. 2019.

CORADI, P. C.; FIA, R., PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica de Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Revista de Administração pública**, v. 49, p. 1193-1214, 2015.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. 5ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

GIRARD, J. E. **Princípios de Química Ambiental**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

NETO, M. L. F.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 69-78, 2009.

RODRIGUES, E. T.; LOPES, I.; PARDAL, M. A. Occurrence, fate and effects of azoxystrobin in aquatic ecosystems: A review. **Environment International**, v. 53, p. 18-28, 2013.

SARDINHA, D. S. et al. Avaliação de balanço anual de cátions e ânions na bacia do Alto Sorocaba (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 4, p. 730-740, 2008.

VON SPERGLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.