

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CERRO LARGO

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - LICENCIATURA

MONITORAMENTO DA QUALIDADE
MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO ARROIO
CLARIMUNDO, MUNICÍPIO DE CERRO LARGO (RS)

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MAURICIO KASPER

CERRO LARGO – RS

2016

MAURICIO KASPER

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO
ARROIO CLARIMUNDO, MUNICÍPIO DE CERRO LARGO (RS)**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Ciências Biológicas - Licenciatura do *Campus* Cerro Largo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do respectivo título de Graduação.

Prof. Daniel Joner Daroit.

CERRO LARGO - RS

2016

MAURICIO KASPER

MAURÍCIO KASPER

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO
ARROIO CLARIMUNDO, MUNICÍPIO DE CERRO LARGO/RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciada em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Joner Daroit

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 07/12//2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Daniel Joner Daroit – UFFS



Profa. Dra. Suzymeire Baroni – UFFS



Prof. Dr. David Augusto Reynalte-Tataje - UFFS

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Kasper, Mauricio

MONITORAMENTO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS
DO ARROIO CLARIMUNDO, MUNICÍPIO DE CERRO LARGO (RS)/
Mauricio Kasper. -- 2016.

34 f.:il.

Orientador: Daniel Joner Daroit.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Ciências
Biológicas - Licenciatura , Cerro Largo, RS, 2016.

1. Recursos hídricos. 2. Qualidade da água. 3.
Coliformes. I. Daroit, Daniel Joner, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1 Amostras de água	11
2.2 Determinação de coliformes totais e termotolerantes	11
2.3 Contagem de bactérias heterotróficas totais	13
2.4 Pluviosidade e temperatura atmosférica	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24
ANEXOS	31

RESUMO

A qualidade da água é tema de constante preocupação, tanto por sua importância para o funcionamento dos ecossistemas quanto por sua escassa disponibilidade para utilização humana. Um dos principais problemas relacionados à deterioração da qualidade da água em ambientes urbanos é a contaminação dos recursos hídricos por esgotos domésticos, que podem conter, entre outros componentes, microrganismos patogênicos. Bactérias do grupo coliforme são comumente empregadas como indicadoras da qualidade microbiológica das águas; ainda, bactérias heterotróficas podem ser utilizadas como indicadores complementares. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar a qualidade microbiológica das águas do arroio Clarimundo, que atravessa a cidade de Cerro Largo/RS, em três pontos distintos: Ponto 1 (P1), em área próxima à nascente; Ponto 2 (P2), em local anterior ao arroio atravessar a cidade; Ponto 3 (P3), após a passagem do arroio pela área urbana. A partir das amostras de água, coletadas nas estações de verão, outono, inverno e primavera de 2016, as densidades de coliformes totais e de coliformes termotolerantes foram determinadas pela técnica do Número Mais Provável (NMP) e a quantidade de bactérias heterotróficas totais foi determinada através da técnica de contagem em placas. A densidade média de coliformes totais no P1 foi de 2.715 NMP/100 mL, 6.800 NMP/100 mL no P2, e de 166.500 NMP/100 mL no P3. Quanto aos coliformes termotolerantes, o P1 apresentou densidade média de 693 NMP/100 mL, o P2 de 3.455 NMP/100 mL, e a densidade média no P3 atingiu 62.250 NMP/100 mL. As contagens de bactérias heterotróficas totais foram maiores também no P3, alcançando valor médio de $1,49 \times 10^5$ Unidades Formadoras de Colônia (UFC)/mL, em comparação às contagens no P1 e P2, que foram de $2,96 \times 10^3$ UFC/mL e $6,77 \times 10^3$ UFC/mL, respectivamente. Portanto, a passagem do curso d'água pela área urbanizada (especialmente no P3) resultou em incremento do número de coliformes quando comparado às densidades observadas no P1. Considerando a curta extensão do arroio Clarimundo, as elevações bruscas observadas no número de coliformes no P3 podem indicar a possibilidade de haver contaminação da água por material de origem fecal. O elevado número de bactérias heterotróficas no P3 sugere que, neste ponto, o arroio Clarimundo apresenta maior quantidade de matéria orgânica, que pode ter origem em atividades antrópicas. Atividades de monitoramento podem ser úteis para a gestão e planejamento do uso da água e do solo, visando diminuir riscos relacionados à saúde pública e do ambiente. Neste sentido, a implementação de sistemas eficientes (individuais e/ou coletivos) de coleta e tratamento de dejetos e esgotos domésticos pode beneficiar a qualidade das águas do arroio Clarimundo.

Palavras-chave: recursos hídricos, qualidade da água, contaminação, bactérias, coliformes.

ABSTRACT

Water quality is a topic of constant concern, due to both its importance for ecosystem functioning and its scarce availability for human use. A major problem related to water quality deterioration in urban environments is the contamination of water resources by organic wastes and domestic sewage, which might contain, among others, pathogenic microorganisms. Coliform bacteria are usually employed as indicators of microbiological quality of water; also, heterotrophic bacteria could be utilized as complementary indicators. In this context, this work aimed to evaluate the microbiological quality of waters from the Clarimundo stream, which runs through the city of Cerro Largo/RS, in three distinct points: Point 1 (P1), in an area near the stream spring; Point 2 (P2), prior to the stream cross through the city; Point 3 (P3), after the stream crossed through the urban area. From water samples, collected during the summer, autumn, winter and spring seasons of the year 2016, the densities of total and thermotolerant coliforms were determined using the Most Probable Number (MPN) technique, and total heterotrophic bacteria were quantified through plate counting technique. The average density of total coliforms at P1 was 2,715 NMPN/100 mL, 6,800 MPN/100 mL at P2, and 166,500 MPN/100 mL at P3. Regarding thermotolerant coliforms, P1 displayed average density of 693 MPN/100 mL, P2 of 3,455 MPN/100 mL, and the average density at P3 was 62,250 MPN/100 mL. Counts of heterotrophic bacteria were also higher at P3, reaching an average value of 1.49×10^5 Colony Forming Units (CFU)/mL in comparison to the counts reached at P1 and P2, which were 2.96×10^3 CFU/mL and 6.77×10^3 CFU/mL, respectively. Therefore, as the watercourse crossed the urban area (specially at P3), an increment in the coliform numbers was observed when compared to the coliform densities detected at P1. Considering the short extension of the Clarimundo stream, the abrupt increases in the coliform densities at P3 might indicate a possible water contamination by material of fecal origin. The increased number of heterotrophic bacteria at P3 suggests that, at this point, the Clarimundo stream presents a higher concentration of organic matter, which might originate from human activities. Water monitoring could be useful for the management and planning of water and soil uses, aiming to diminish the risks related to public and environmental health. In this sense, implementation of efficient systems (individual and/or collective) for collection and treatment of wastes and sewage might be beneficial to the water quality of Clarimundo stream.

Keywords: water resources, water quality, contamination, bacteria, coliforms.

1 INTRODUÇÃO

A água é parte integral do planeta Terra e recurso renovável fundamental para a vida. Todos os seres vivos dependem da água, que também atua de forma essencial na dinâmica dos ciclos biogeoquímicos em ecossistemas terrestres e aquáticos (TUNDISI, 2014). Do total de água existente no planeta, a água doce representa somente 2,5% e, neste cenário, 68,7% estão em geleiras e calotas polares, 30% no subsolo (águas subterrâneas), e apenas 0,3% pode ser encontrada em lagos e rios, ou seja, de forma mais facilmente acessível ao homem (SETTI et al., 2000).

Os usos da água pelo homem podem ser consuntivos, como o abastecimento humano em zonas urbanas e rurais, uso industrial e agrícola, e não consuntivos, que tendem a não afetar a quantidade das águas, como no caso da geração de energia elétrica, uso para recreação, navegação, pesca e piscicultura, entre outros. Os usos consuntivos são de especial interesse, pois realmente consomem a água para diferentes propósitos, ou seja, reduzem a disponibilidade hídrica (SOUZA et al., 2014).

Do total da água efetivamente consumida no Brasil, 69% são destinadas à irrigação agrícola, 11% ao abastecimento animal, 7% para uso industrial, e 13% para o abastecimento humano (11% urbano e 2% rural) (TUNDISI, 2014). Considerando a água doce como recurso de escassa disponibilidade, as águas superficiais, subterrâneas e reservas de água são, portanto, componentes estratégicos e essenciais sob as perspectivas da qualidade de vida da população humana, do desenvolvimento econômico e da sustentabilidade ambiental (TUNDISI, 2003).

Por possuir a capacidade de dissolver e reagir com inúmeras substâncias inorgânicas e orgânicas, a água contém diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas. Assim, a qualidade da água depende das condições geológicas, geomorfológicas, da vegetação da bacia hidrográfica, do comportamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos, e das ações antrópicas (TUCCI et al., 2001). A água pode, então, apresentar qualidades variáveis, definidas por suas características e pelo conhecimento dos efeitos que pode causar ao ambiente e ao homem. Logo, o conceito de qualidade da água pode ser relativo, visto que qualidades distintas são requeridas para diferentes finalidades (VON SPERLING, 2014).

De acordo com Setti (2000), durante o ciclo hidrológico a água sofre alterações na qualidade. Isso ocorre mesmo em condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do meio ambiente; porém as maiores modificações se processam quando os recursos hídricos são influenciados devido ao uso para suprimento das demandas dos núcleos

urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo, urbano e rural. Desta maneira, alterações naturais na qualidade da água são comumente lentas e graduais, resultantes da lixiviação e do escoamento hídrico, enquanto que alterações provocadas por atividades humanas são usualmente induzidas rapidamente. O crescimento populacional e os padrões de desenvolvimento humano aumentam a demanda por água, ao mesmo tempo em que causam alterações sobre os recursos hídricos. Assim, a qualidade da água vem sendo modificada especialmente pela multiplicidade e complexidade dos usos da água pelo homem (MAROTTA et al., 2008).

A ocupação urbana e agrícola modifica os ambientes, incluindo desde a utilização dos recursos naturais até a conseqüente geração de resíduos, e cujos efeitos podem ser percebidos, inicialmente, na área de pequenas bacias hidrográficas onde o homem exerce suas atividades (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). As atividades antrópicas podem modificar a qualidade das águas tanto através de formas pontuais, como a geração de efluentes domésticos e industriais, quanto por fontes difusas, pela aplicação de fertilizantes, pesticidas e manejo inapropriado do solo, que contribuem na incorporação de substâncias orgânicas e inorgânicas aos recursos hídricos (CORADI et al., 2009).

Dentre as atividades humanas que influenciam mais profundamente a qualidade da água podem ser citadas o lançamento de dejetos e cargas poluentes nos sistemas hídricos, bem como o uso do solo em áreas rurais e urbanas (TUCCI et al., 2001). Ainda, desmatamento, impermeabilização do solo e processos de erosão/assoreamento de mananciais superficiais vêm contribuindo para o comprometimento da qualidade da água (BRASIL, 2006; CUNHA et al., 2010). Estas modificações na qualidade podem resultar em degradação ambiental e da biodiversidade, afetando o funcionamento e manutenção dos ecossistemas, comprometendo os recursos hídricos e, como conseqüência, a sua própria utilização para diversas finalidades, como o abastecimento humano e a produção de alimentos (PEREIRA, 2004; MEDEIROS et al., 2009; SOUZA et al., 2014). Ainda, o conceito de abundância de água embasou, por muito tempo, a cultura do desperdício, a pouca valorização da água como recurso natural indispensável, e mesmo o adiamento de investimentos para a otimização do uso da água (SETTI et al., 2000).

Em ambientes urbanos, um dos principais problemas relacionados à qualidade da água é o despejo de esgotos domésticos (CUNHA et al., 2010; SOUZA et al., 2014). De fato, a maioria das cidades se desenvolveu próxima de cursos d'água, devido à importância deste recurso para a população, por exemplo, para abastecimento, transporte, e também para a eliminação de efluentes sanitários e industriais (LOEBENS; LINK, 2011; FERREIRA;

CUNHA-SANTINO, 2014). A degradação da qualidade dos corpos d'água em áreas urbanas vem ocorrendo em diferentes intensidades e tempos, apresentando implicações como o aumento dos custos para tratamento da água destinada ao consumo, elevação de custos hospitalares com internações, e a depreciação de valores ambientais, culturais, turísticos e paisagísticos (GARCIA et al., 2015).

Aproximadamente 79% da água retirada de mananciais para abastecimento urbano retorna aos mananciais, basicamente na forma de efluentes sanitários e esgoto doméstico, que requerem tratamento antes de serem lançados em corpos receptores (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE / MMA, 2006). No entanto, o índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos alcança 57,6% em nosso país. Dados recentes indicam que 40,8% do esgoto gerado e 70,9% do esgoto coletado passam por tratamento (BRASIL, 2016). Assim, cerca de 9,4 milhões de metros cúbicos de esgotos brutos, considerando apenas os coletados por rede, são encaminhados diretamente aos corpos d'água (MMA, 2006).

O esgoto doméstico é composto, fundamentalmente, por águas usadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, bem como pela água utilizada em vasos sanitários, podendo conter, além de materiais orgânicos e minerais, também (micro)organismos, incluindo patógenos (PEREIRA, 2004). Dentre estes organismos patogênicos estão especialmente aqueles de origem fecal, como bactérias, vírus e protozoários causadores de infecções intestinais e outras enfermidades, além de ovos de vermes responsáveis por parasitoses humanas como a ascaridíase, entre outras. Neste contexto, o despejo de dejetos humanos sem tratamento prévio pode resultar na contaminação dos corpos hídricos com patógenos que podem ser veiculados ao ser humano através do consumo e/ou contato com estas águas (RAZZOLINI; GUNTHER, 2008).

A identificação de patógenos em águas é complexa e de elevado custo. Assim, são utilizados microrganismos indicadores, valendo-se da interpretação de que sua presença pode assinalar o contato da água com material fecal (humano ou animal) e, portanto, indicar o potencial risco da presença de patógenos (SOUZA et al., 2014). Tipicamente, são utilizados como indicadores microrganismos encontrados em grande concentração nas fezes humanas, especialmente bactérias pertencentes ao grupo coliforme (VASCONCELOS et al., 2006), que costumam estar presentes no intestino humano e de animais homeotérmicos e são eliminadas nas fezes em números elevados (10^6 - 10^8 coliformes/g) (BRASIL, 2006).

Os coliformes (totais) são bastonetes Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporulantes, oxidase-negativos, capazes de desenvolvimento na presença de sais biliares ou agentes tensoativos, fermentadores de lactose com produção de ácido, gás e

aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias deste grupo pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Um subgrupo dos coliformes, denominado de coliformes termotolerantes, é formado por bactérias capazes de fermentar lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, sendo o principal representante a espécie *Escherichia coli* (BRASIL, 2013).

Os coliformes totais são indicadores da presença de vários gêneros de bactérias de diferentes origens na água, enquanto que os coliformes termotolerantes compreendem bactérias que usualmente indicam contaminação por fezes de animais de sangue quente, incluindo o homem (OLIVEIRA FILHO et al., 2012). Contudo, mesmo os coliformes termotolerantes não são exclusivamente fecais, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas. No entanto, entre os coliformes termotolerantes presentes nos esgotos sanitários (10^6 - 10^8 /100 mL) há usual predominância de *E. coli*, uma bactéria de origem unicamente fecal (PEREIRA, 2004; BRASIL, 2006). Desta forma, o grupo dos coliformes termotolerantes vem sendo empregado como indicador de poluição de águas naturais e do grau de interferência humana (CUNHA et al., 2004; TERRA et al., 2008). Ainda, a qualidade microbiológica de um corpo d'água pode ser aferida pela contagem de bactérias heterotróficas, atuando como um indicador complementar (ARAUJO et al., 2015).

O município de Cerro Largo localiza-se no extremo noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Segundo o Censo 2010, este município possui 13.289 habitantes, sendo que 79,5% da população reside na zona urbana (IBGE, 2016). A área do município de Cerro Largo está inserida em duas bacias hidrográficas, a dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (43,23% da área na bacia) e aquela do Rio Ijuí (56,77% da área na bacia) (SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2012). O arroio Clarimundo, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, possui extensão de aproximadamente 4 km, toda ela na área do município de Cerro Largo. Este arroio apresenta, como uma de suas características, o fato de cerca de 70% de seu curso atravessar a área urbana da cidade de Cerro Largo (DIEL et al., 2015).

Considerando que atividades de monitoramento podem fornecer informações acerca da contaminação de recursos hídricos e potenciais implicações relativas à saúde pública e ambiental (MAROTTA et al., 2008), este estudo avaliou a qualidade microbiológica das águas do arroio Clarimundo em período que contemplou as quatro estações do ano de 2016.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras de água

As amostras foram coletadas utilizando recipientes estéreis de vidro, em três pontos pré-determinados do curso do arroio Clarimundo (Cerro Largo/RS). A localização dos pontos foi a mesma utilizada por Kasper (2015) em estudo sobre o potencial genotóxico das águas deste arroio. O ponto 1 (P1) correspondeu à nascente, onde apresenta uma boa conservação da mata ciliar e baixo adensamento residencial em sua proximidade, com largura do leito de cercar de 2 m. O ponto 2 (P2) localizou-se em ponto anterior ao arroio atravessar a cidade, sua mata ciliar está seriamente comprometida e com adensamento populacional alto, com variação da largura do leito de 2 m a 4 m. O ponto 3 (P3), após a passagem do Arroio pela área urbana, recebe rejeitos domésticos da área central da cidade, apresentando mata ciliar parcialmente conservada (Figura 1), com largura do leito de aproximadamente 8 m. Cada ponto foi amostrado quatro vezes durante o ano de 2016: 1ª coleta (29/02), 2ª coleta (09/05), 3ª coleta (01/08) e 4ª coleta (07/11), correspondendo às quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera, respectivamente). Após as coletas, os recipientes foram conduzidos ao laboratório sob refrigeração.

2.2 Determinação de coliformes totais e termotolerantes

As amostras foram submetidas a diluições decimais seriadas em salina peptonada (0,85% NaCl, 0,1% peptona) estéril. As análises de coliformes foram realizadas pela técnica de fermentação em tubos múltiplos, utilizando teste presuntivo e confirmativo.

Para os testes presuntivos de coliformes, volumes de 1 mL das amostras coletadas ou das diluições foram utilizados para inocular três séries de três tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Triptose (HiMedia, Índia) e um tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 36 °C por 24-48 h e, seguindo-se este período, foram observados quanto à produção de gás. A positividade do teste presuntivo foi dada pela formação de gás (pelo menos 1/10) nos tubos de Durham e/ou por efervescência do caldo sob gentil agitação (SALVATORI et al., 2013).

Os tubos positivos no teste presuntivo foram utilizados para inocular, utilizando alça de platina estéril, tubos contendo 10 mL de Caldo Verde Brilhante Bile 2% (Himedia, Índia), para a confirmação de coliformes totais, e tubos contendo 10 mL de Caldo EC (Himedia, Índia), para confirmação de coliformes termotolerantes. Em ambos os casos, os tubos continham um tubo de Durham invertido para captação de gás. Após as inoculações, tubos com Caldo Verde Brilhante Bile 2% foram incubados a 36 °C por 24-48 h em estufa, enquanto que tubos com Caldo EC foram incubados a 44,5 °C por 24-48 h em banho-maria.



Figura 1. Pontos de coleta de água (P1, P2 e P3) no Arroio Clarimundo. Fonte: Adaptado de Google Maps (2016).

Seguindo-se as respectivas incubações, a positividade para os grupos de coliformes (totais ou termotolerantes) foi confirmada pela formação de gás em pelo menos 1/10 do tubo de Durham, ou ainda pela efervescência do meio de cultura quando agitado gentilmente (SALVATORI et al., 2013). A partir do número de tubos positivos e negativos em cada um dos testes confirmativos, o Número Mais Provável (NMP) para coliformes totais e para coliformes termotolerantes foi determinado conforme tabela estatística (BLODGETT, 2002). Os valores foram expressos em Log_{10} NMP/100 mL.

2.3 Contagem de bactérias heterotróficas totais

Diluições decimais das amostras de água (1 mL) foram distribuídas em placas de Petri estéreis e, em seguida, foi vertido Ágar Padrão para Contagem (PCA; Himedia, Índia) ainda líquido (45-48 °C). As placas foram gentilmente agitadas para homogeneização entre meio e amostra e, após solidificação do meio, foram incubadas a 36 °C por 48 h. Seguindo-se a incubação, foi realizada a contagem das colônias bacterianas. Os resultados foram apresentados como Log_{10} das unidades formadoras de colônia por mL (Log_{10} UFC/mL), levando-se em conta o fator de diluição (BRASIL, 2013).

2.4 Pluviosidade e temperatura atmosférica

Os dados de pluviosidade (mm) e temperatura atmosférica (°C) foram coletados por estação automática localizada na área do *Campus* Cerro Largo da Universidade Federal da Fronteira Sul.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água pode ser retratada por parâmetros físicos, químicos e biológicos. Dentre as variáveis utilizadas na avaliação da qualidade da água, que são diretamente influenciadas pelo uso do solo na bacia de drenagem, podem ser destacadas a densidade de coliformes termotolerantes/fecais e coliformes totais (MAROTTA et al., 2008).

O número de coliformes totais aumentou conforme a ordem espacial dos pontos amostrados, sendo os menores valores detectados no P1 no inverno (3ª coleta; 360 NMP/100 mL) e os maiores detectados no P3 tanto no verão quanto no outono (1ª e 2ª coletas; 240.000 NMP/100 mL) (Figura 2). Este comportamento tendeu a se repetir em todas as coletas realizadas, com exceção da 4ª coleta (primavera), quando os menores valores de coliformes

totais foram observados no ponto 2 (4.300 NMP/100 mL), e não no ponto 1 (7.500 NMP/100 mL). De fato, a quantidade de coliformes totais foi pelo menos 12,4 vezes maior no P3 em comparação ao P1 (4ª coleta); enquanto nas outras coletas os valores no P3 foram 160-258 vezes maiores que no P1. Quanto ao P2, a densidade de coliformes totais foi aproximadamente 20 vezes menor neste ponto em comparação com P3. As densidades médias de coliformes totais, considerando os quatro períodos amostrais, atingiram 2.715 NMP/100 mL no P1, 6.800 NMP/100 mL no P2, e 165.500 NMP/100 mL no P3.

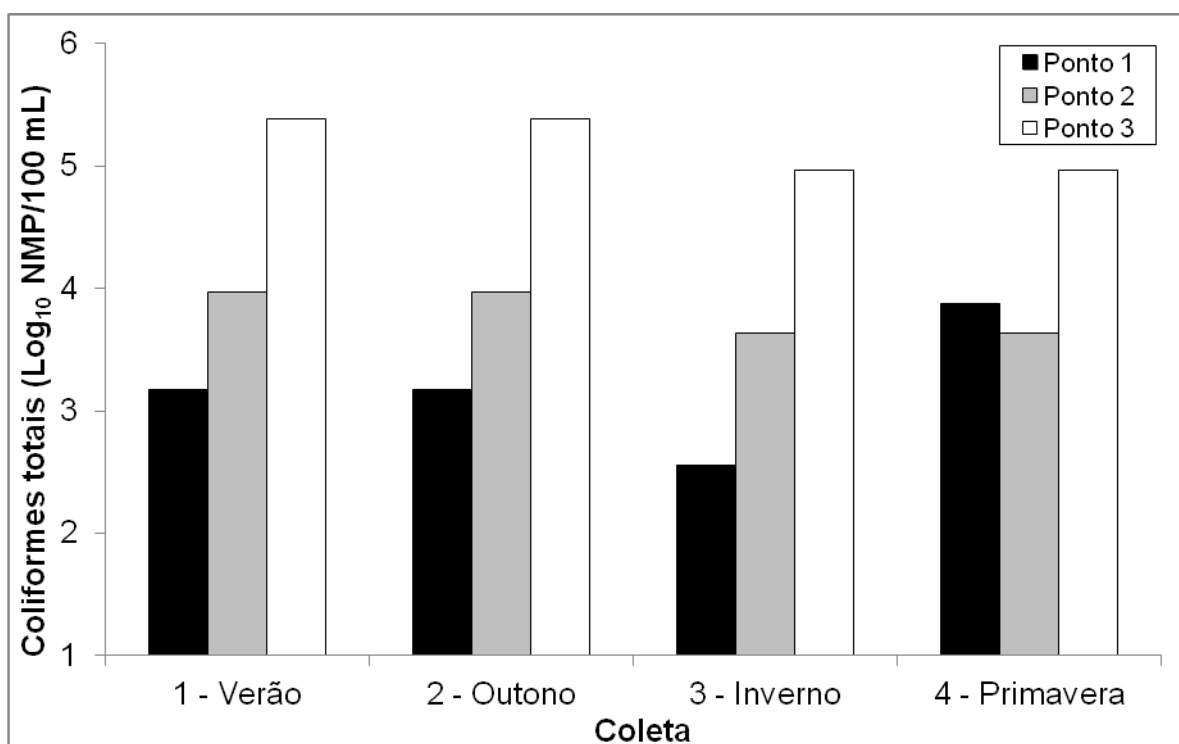


Figura 2: Número Mais Provável de coliformes totais (NMP/100 mL) nas águas do arroio Clarimundo (Cerro Largo/RS) em diferentes coletas realizadas em três pontos de amostragem no ano de 2016.

Os resultados obtidos quanto aos coliformes termotolerantes estão sumarizados na Figura 3. Constatou-se que, independentemente da estação do ano em que ocorreu a amostragem, os índices de coliformes termotolerantes foram maiores no P3, ou seja, após o centro urbano, quando comparadas às densidades de coliformes termotolerantes no P1, em área próxima à nascente. As menores densidades foram detectadas no P1 no inverno (3ª coleta; 92 NMP/100 mL) e os maiores detectados no P3 tanto no verão (1ª coleta; 110.000 NMP/100 mL) (Figura 3). A densidade de coliformes termotolerantes foi pelo menos 10 vezes maior no P3 em comparação ao P1 (4ª coleta). Nas outras coletas realizadas, a quantidade de

coliformes termotolerantes no P3 foi pelo menos 250 vezes maior do que observado no P1. Para o P2, as densidades de coliformes termotolerantes foram de 5 a 20 vezes menores do que o constatado no P3.

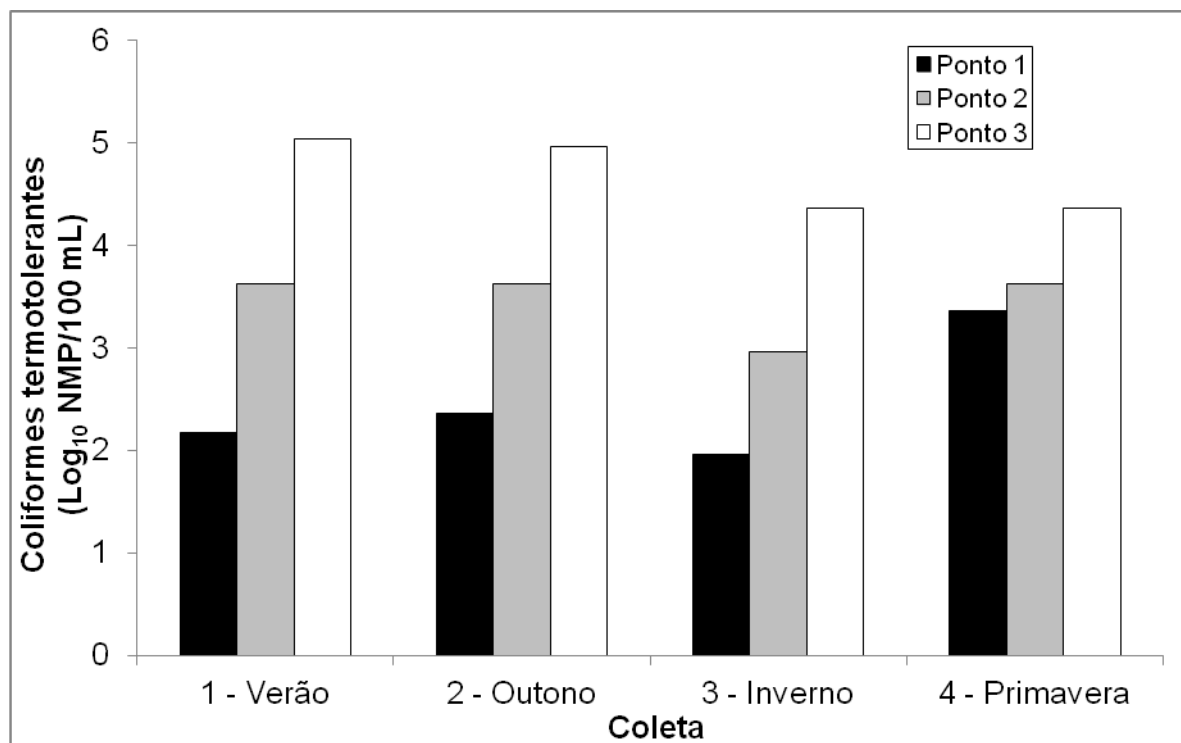


Figura 3: Número Mais Provável de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) nas águas do arroio Clarimundo (Cerro Largo/RS) em diferentes coletas realizadas em três pontos de amostragem no ano de 2016.

Especificamente, as densidades de coliformes termotolerantes no P1 foram de 150 NMP/100 mL, 230 NMP/100 mL, 92 NMP/100 mL, e 2.300 NMP/100 mL, na 1ª (verão), 2ª (outono), 3ª (inverno) e 4ª (primavera) coletas, respectivamente. No P2, antes do arroio atravessar a maior parte mais urbanizada da cidade de Cerro Largo, os valores mensurados foram de 4.300 NMP/100 mL, 4.300 NMP/100 mL, 920 NMP/100 mL, e 4.300 NMP/100 mL, na 1ª, 2ª, 3ª e 4ª coletas, respectivamente. Finalmente, no P3, após o arroio perpassar a área urbana, os valores de coliformes termotolerantes atingiram 110.000 NMP/100 mL, 93.000 NMP/100 mL, 23.000 NMP/100 mL, e 23.000 NMP/100 mL na 1ª, 2ª, 3ª e 4ª coletas, respectivamente (Figura 3). As densidades médias de coliformes termotolerantes, considerando os quatro períodos amostrais, atingiram 693 NMP/100 mL no P1, 3.455 NMP/100 mL no P2, e 62.250 NMP/100 mL no P3. De forma clara, a passagem do curso

d'água pela área urbanizada (especialmente no P3) resultou em incremento do número de coliformes termotolerantes quando comparado às densidades observadas no P1.

Além das bactérias do grupo coliforme, as bactérias heterotróficas totais foram utilizadas como indicadores complementares da qualidade da água do arroio Clarimundo. Os resultados podem ser observados na Figura 4. As densidades médias de $2,96 \times 10^3$ UFC/mL, $6,77 \times 10^3$ UFC/mL e $1,49 \times 10^5$ UFC/mL mensuradas no P1, P2 e P3, respectivamente. Araujo et al. (2015), em avaliação da qualidade da água da Bacia do Córrego Sujo (Teresópolis, RJ), observaram que as contagens médias de bactérias heterotróficas, em oito pontos amostrados, variaram de $1,7 \times 10^3$ UFC/100 mL a $4,7 \times 10^3$ UFC/100 mL. Como estas bactérias são parte usual da microbiota aquática, elevações em suas contagens podem indicar aumento da presença de matéria orgânica na água. Esse aporte de matéria orgânica, não necessariamente fecal, pode ter origem no solo e vegetação do entorno (ARAUJO et al., 2015).

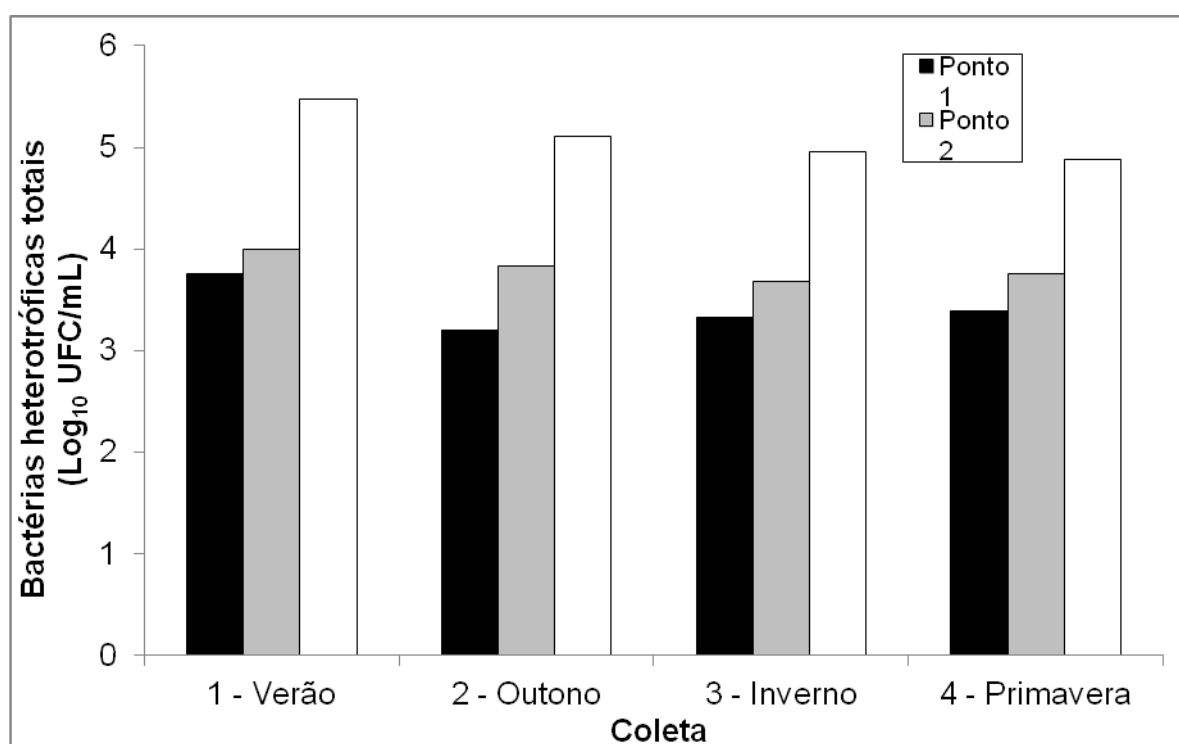


Figura 4: Densidade de bactérias heterotróficas totais (Log_{10} UFC/mL) nas águas do arroio Clarimundo (Cerro Largo/RS) em diferentes coletas realizadas em três pontos de amostragem no ano de 2016.

Os níveis de contaminação toleráveis e os padrões requeridos de qualidade da água são estabelecidos em função do uso pretendido. No Brasil, a Resolução N° 357 do Conselho

Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. As águas doces são classificadas em cinco classes, quais sejam:

a) Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

b) Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (tais como natação, esqui aquático e mergulho); à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;

c) Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca;

d) Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais;

e) Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece, entre outros, limites de coliformes termotolerantes como um dos parâmetros para classificação das águas segundo a qualidade requerida para seus principais usos. Para águas de classe 1, com exceção da recreação de contato primário, não deverá ser excedido limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mL. Para águas de classe 2, com exceção do uso para recreação de contato primário, o limite é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL. Nas águas de classe 3, para uso de recreação de contato secundário, o limite máximo é de 2.500 coliformes termotolerantes por 100 mL; para dessedentação de animais criados confinados, não deverá ser ultrapassado o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL; para os demais usos, o limite é de 4.000

coliformes termotolerantes por 100 mL. Para águas de classe 4 não há limite máximo para coliformes termotolerantes (BRASIL, 2005).

Considerando a Resolução CONAMA Nº 357/2005 e os valores médios obtidos para coliformes termotolerantes, as águas do arroio Clarimundo no P1 corresponderam a águas de classe 1 na 1ª e 3ª coletas, classe 2 na 2ª coleta e classe 3 ou 4, dependendo da finalidade de uso, na 4ª coleta. O P2 correspondeu a águas de classe 2, 3 ou 4, dependendo da finalidade de uso e do período de coleta. O P3 correspondeu, em todas as análises, a águas de classe 4.

A Resolução CONAMA Nº 274, de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000), estabelece critérios de balneabilidade em águas brasileiras, classificando as águas como próprias ou impróprias para a recreação de contato primário. Para águas próprias para balneabilidade, o máximo permitido é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL. Caso os valores encontrados estejam dentro deste máximo (em 80% ou mais das amostras avaliadas durante as cinco semanas anteriores), as águas também serão consideradas impróprias se na última amostragem forem ultrapassados 2.500 coliformes termotolerantes por 100 mL. Portanto, segundo a Resolução CONAMA Nº 274/2000, as águas do arroio Clarimundo só seriam próprias para balneabilidade no P1, exceção feita no período correspondente à 4ª coleta.

O município de Cerro Largo não possui sistema adequado de esgotamento (DIEL et al., 2015). Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico, “o sistema de tratamento dos esgotos existentes no município de Cerro Largo é individual, principalmente constituído por fossas sépticas (tanque séptico) e a disposição final, no solo, através de sumidouros e ou valas de infiltração” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CERRO LARGO, 2012). De fato, em cidades onde não há rede coletora de esgotos, especialmente cidades de pequena densidade populacional, as fossas sépticas/sumidouros estão entre as principais soluções individuais para o esgotamento sanitário (BRASIL, 2016).

As soluções individuais (fossas) no município de Cerro Largo reduzem significativamente as cargas poluidoras mas, mesmo assim, cargas remanescentes de esgoto sanitário tem como corpo receptor o solo e podem atingir os recursos hídricos. No caso específico das fossas, quando estas esgotam sua capacidade por falta de manutenção, ou em períodos chuvosos, o esgoto pode escoar pelas ruas e sistemas de drenagem pluvial para os rios próximos da cidade (TUCCI; MENDES, 2006).

Ainda, neste cenário de sistemas individuais, há a possibilidade de existir sistemas ilegais com ligações clandestinas sem os devidos sistemas de tratamento de efluentes

implantados. O município não possui levantamento específico do número de sistemas individuais implantados, não possuindo também cadastro da rede pluvial; porém, conta com bocas-de-lobo em locais estratégicos que coletam as águas pluviais conduzindo-as aos desaguadouros locais (PREFEITURA MUNICIPAL DE CERRO LARGO, 2012).

O crescimento das cidades em conjunto com a falta de investimento em sistemas de coleta e tratamento usualmente resulta na conexão do esgoto sanitário à rede pluvial, que converge para os rios urbanos e sistema fluvial, causando impactos na qualidade da água. Assim, o desenvolvimento urbano vem produzindo ciclos de contaminação dos recursos hídricos, relacionados ao esgoto doméstico/industrial e o esgoto pluvial. As fontes difusas de origem urbana são, usualmente, o escoamento pluvial e os efluentes de esgotos em fossas; já as fontes pontuais são efluentes domésticos e industriais (TUCCI, 2005).

A qualidade microbiológica vem sendo analisada em diversos cursos d'água. Vasconcellos et al. (2006) realizaram avaliação de coliformes totais e termotolerantes nas águas do rio São Lourenço (São Lourenço, RS). Os valores de coliformes totais variaram de 5.000 a 240.000 NMP/100 mL; quanto aos coliformes termotolerantes, os valores variaram de < 3 a 21.000 NMP/100 mL. Para o ponto 2, na área central da cidade, os coliformes totais variaram de 9.000 a 1.600.000 NMP/100 mL, enquanto que coliformes termotolerantes atingiram valores entre 1.500 e 67.000 NMP/100 mL. No ponto 3, também em área urbana, os valores mínimos e máximos de coliformes totais foram de 15.000 e 1.200.000 NMP/100 mL e para coliformes termotolerantes, os valores ficaram entre 2.300 e 14.000 NMP/100 mL. Desta forma, embora o ponto 1 tenha apresentado altos valores para coliformes, estes foram menores que aqueles observados nos pontos 2 e 3, onde o rio recebe esgoto doméstico (VASCONCELLOS et al., 2006).

No arroio Pessegueirinho (Santa Rosa, RS), contagens de coliformes totais foram maiores que 1.600 NMP/100 mL. Quanto à *Escherichia coli*, foram observados 500 NMP/100 mL na nascente (situada junto à uma vila no município), enquanto que os valores de *E. coli* foram sempre superiores a 1.600 NMP/100 mL à medida que o arroio atravessava a cidade de Santa Rosa, possivelmente como efeito do lançamento de esgotos e resíduos domésticos e industriais sem tratamento no curso do arroio (BATISTA; FUCKS, 2012a,b).

Na bacia do arroio Cadena (Santa Maria, RS), cuja maior área encontra-se em zona urbanizada, coletas de água realizadas em três pontos durante um ano indicaram valores de coliformes termotolerantes sempre superiores a 1.000 NMP/100 mL, e em pelo menos sete das 12 coletas realizadas os valores ultrapassaram 1.000.000 NMP/100 mL, refletindo a

dinâmica de uso e ocupação do solo de forma desordenada em áreas urbanas e rurais da bacia, que através de cargas poluidoras de origem doméstica (esgotos sanitários e resíduos sólidos) contribui substancialmente para a degradação da qualidade da água (CERETTA, 2004).

As preocupações referentes à água são, pelo menos em parte, reflexo de situações repetidas que ocorrem nos níveis local e/ou regional. O aumento da descarga de águas residuárias das populações urbanas, como esgotos não tratados, apresenta enorme impacto sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (TUNDISI, 2014). A maioria dos rios que perpassam cidades está deteriorada, em grande parte devido à inexistência de sistema para coleta e tratamento de esgotos (TUCCI et al., 2001).

Embora este problema seja detectado com maior intensidade em grandes centros urbanos, pequenas cidades e municípios também vêm sofrendo com a deterioração dos recursos hídricos, especialmente pela descarga de rejeitos e dejetos líquidos e sólidos (NAIME; FAGUNDES, 2005; VASCONCELLOS et al., 2006; BATISTA; FUCKS, 2012a,b; FRANZ, 2015). De maneira importante, alterações nas características físicas, químicas e biológicas dos recursos naturais, incluindo os recursos hídricos, podem comprometer não somente áreas próximas aos impactos, mas sim toda a região circunvizinha em uma bacia hidrográfica (OLIVEIRA FILHO et al., 2012).

Os coliformes termotolerantes, mesmo podendo não representar contaminação exclusivamente fecal, são importante parâmetro para determinação da qualidade da água. A interpretação dos resultados obtidos para microrganismos indicadores, como os coliformes termotolerantes, depende de informações adicionais e complementares, que busquem estabelecer a origem da contaminação do corpo d'água e dos fatores que contribuem para esta contaminação (VON SPERLING, 2014).

Neste contexto, estudo realizado por Müller et al. (2012) verificou a presença de resíduos e despejos de efluentes no arroio Clarimundo, especialmente na área mais urbanizada da cidade de Cerro Largo, também tendo sido constatada a pouca manutenção da vegetação nas margens do arroio, fatores indicativos de degradação ambiental. Estudo recente demonstrou pouca preservação da mata ciliar na área da nascente deste arroio, o que pode afetar a qualidade da água e resultar na deterioração da própria nascente (DIEL et al., 2015).

Investigação sobre a qualidade da água do arroio Clarimundo demonstrou que, em ponto de amostragem ao final do perímetro urbano, as densidades de coliformes totais e coliformes termotolerantes alcançaram 160.000 NMP/100 mL e 88.000 NMP/100 mL, respectivamente (MAYER; BREMM, 2012), corroborando os resultados encontrados no

presente estudo (Figuras 2 e 3) e reforçando a necessidade de implementação de sistema de coleta e tratamento do esgoto doméstico na área urbana (MAYER; BREMM, 2012).

As águas do arroio Clarimundo, coletadas nos mesmos pontos do presente estudo, foram avaliadas quanto à toxicidade sobre células de raízes de *Allium cepa*. A exposição das raízes a estas águas diminuiu os índices mitóticos e elevou o número de alterações cromossômicas nas células radiculares em relação aos controles, indicando o potencial citotóxico e genotóxico para células eucarióticas. Assim, foi sugerido que substâncias nas águas do arroio Clarimundo podem interferir nos processos de divisão celular e também sobre o material genético de organismos (KASPER, 2015; KASPER et al., 2015).

Avaliações das águas do arroio Clarimundo também foram realizadas através do estudo da diversidade de macroinvertebrados bentônicos. Os resultados indicaram que, no trecho de nascente, a água apresentou boa qualidade, tendo alguma poluição orgânica; em trecho anterior ao centro urbano de Cerro Largo, a qualidade da água foi aceitável, com baixa poluição orgânica; em trecho após o centro urbano a qualidade da água apresentou-se como muito ruim, com severa poluição orgânica, atribuída à recepção, pelo arroio, de elevadas cargas de esgoto doméstico sem tratamento (HECK et al., 2012).

A Figura 5 apresenta os dados de precipitação diária (mm) e temperatura atmosférica média (°C) durante todo o período das coletas. Elevados índices pluviométricos podem atuar diluindo cargas poluidoras nos corpos d'água (GIATTI et al., 2004; CUNHA et al., 2010; BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). Segundo Alves et al. (2012) e Ferreira e Cunha-Santino (2014), maiores índices de coliformes fecais, em área urbana, podem ser detectados em período menos chuvoso. A sazonalidade não influenciou de maneira determinante a densidade de coliformes termotolerantes no rio Jucu Braço Sul (Marechal Floriano, ES) (TERRA et al., 2009).

Por outro lado, diversos estudos indicam aumento no número de coliformes em corpos d'água em períodos mais chuvosos (SILVA; UENO, 2008; VALLE JUNIOR et al. 2013; SOUZA et al., 2014). No rio Cascavel (Cascavel, PR) a avaliação de coliformes totais e termotolerantes indicou associação positiva entre os níveis de contaminação e índices pluviométricos, sugerindo que o escoamento superficial da água das chuvas carrega microrganismos a partir do entorno do manancial (MOURA et al., 2009).

No ribeirão João Leite (Goiânia, GO) foi observada correlação positiva entre os níveis de coliformes termotolerantes e índices de precipitação pluviométrica, indicando que para este ribeirão a contaminação da foi decorrente de fontes dispersas de poluição na área, como o

escoamento superficial. Já no rio Meia Ponte (Goiânia, GO), avaliado no mesmo estudo, os valores encontrados para coliformes não apresentaram correlação com a precipitação pluviométrica (SANTOS et al., 2010).

Logo, o efeito da precipitação sobre a qualidade das águas de rios e arroios pode ser relacionado às principais formas de poluição. Baixos índices de pluviosidade podem concentrar a poluição oriunda de fontes pontuais; enquanto altos índices pluviométricos podem carrear coliformes de fontes difusas de poluição (VON SPERLING, 2014).

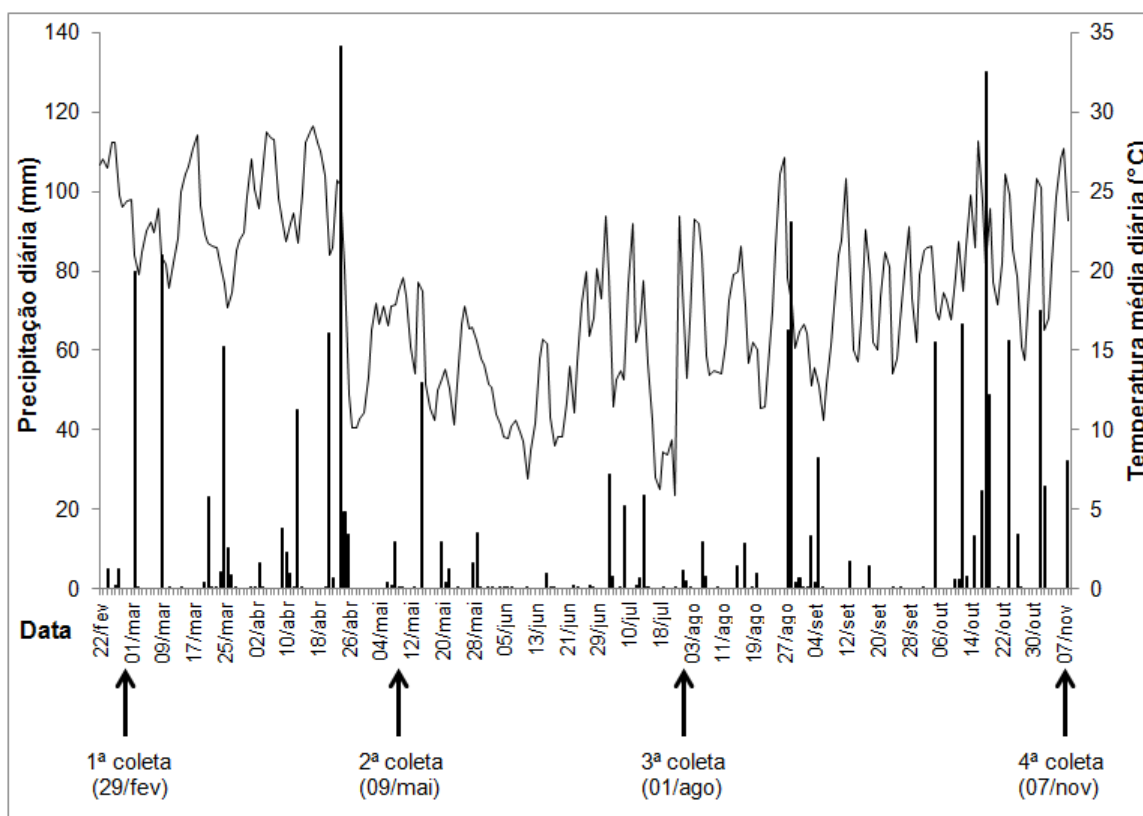


Figura 5: Precipitação diária (mm; colunas) e temperatura atmosférica média diária (°C; linha) para o município de Cerro Largo/RS, no período de 22 de fevereiro a 08 de novembro de 2016.

No presente estudo, a análise dos valores de precipitação não indica a aparente vinculação entre precipitações e os parâmetros biológicos avaliados (Figura 5). Possível exceção pode ser feita à densidade de coliformes totais (Figura 2) e coliformes termotolerantes (Figura 3) mensuradas no P1 durante a 4ª coleta, realizada após período de precipitações (01 e 02/nov; Figura 5); no entanto, não foi observado comportamento similar nos outros pontos (P2 e P3) nesta mesma coleta. Assim, os problemas de contaminação detectados podem estar potencialmente relacionados com fossas sépticas, a estrutura nas

canalizações das residências, dejetos carreados por escoamento superficial e mesmo o descarte direto de cargas contaminantes no corpo d'água (ALESSIO et al., 2009).

Neste cenário, e considerando os resultados obtidos, os coliformes termotolerantes, especialmente, podem apresentar significância na interpretação da qualidade da água, reforçando a ocorrência de contaminação por efluentes orgânicos, especialmente de origem doméstica, indicando a atenção especial que administradores devem dedicar ao saneamento (SIQUEIRA et al., 2012). Coliformes totais representam bactérias passíveis de participação em processos de depuração orgânica no corpo hídrico, mas também associadas à poluição por esgotos domésticos (GIATTI et al., 2004). Assim, a presença de coliformes em determinadas concentrações deve ser interpretada como um sinal de alerta, indicando a possibilidade de haver uma poluição e/ou contaminação fecal, principalmente quando ocorrem variações bruscas do número de coliformes na água (VASCO et al., 2010).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos, o Arroio Clarimundo sofre grande influência dos dejetos domésticos (despejados ou que escoam superficialmente) ao longo do seu leito. Tal observação fica clara quando são comparados os dados das coletas, tanto para coliformes totais quanto para termotolerantes, do ponto P1 para os pontos P2 e P3, independentemente da estação do ano. Tendo em vista a Resolução N° 357/2005 do CONAMA, as águas do arroio não podem servir para qualquer atividade recreativa por parte da população na parte majoritária do arroio (P2 e P3).

Estes resultados indicam que há a necessidade de reverter potenciais cenários de descaso com o saneamento básico e qualidade ambiental e do arroio Clarimundo. Neste sentido, são necessários investimentos em relação à coleta e tratamento dos despejos urbanos. Ao contraponto dos países e cidades que vêm avançando no investimento em saneamento básico e na despoluição e recuperação de rios e arroios que tem seus leitos cruzando por perímetros urbanos, no Brasil, historicamente, não só há limitação de investimentos nesta área, como também o debate sobre saneamento, de maneira geral, está fora dos discursos e das agendas políticas, nos níveis municipal, estadual e federal.

São poucos os municípios brasileiros que conseguiram se desenvolver com um planejamento urbano adequado. O custo relativamente elevado de instalação e manutenção de

programas de tratamento e gerenciamento de águas e esgotos tende a deixar o panorama mais complicado, especialmente em municípios pequenos.

Assim, o avanço populacional sobre os biomas pode provocar alterações significativas nas condições biológicas, havendo necessidade urgente de se encontrar alternativas eficientes para a melhoria da qualidade e preservação dos ecossistemas. Quanto maior o adensamento populacional em torno de um arroio, mais expressivos são os efeitos, indicando que a pressão exercida pelo homem afeta negativamente a dinâmica dos ecossistemas, de forma a afetar, presentemente e/ou no futuro, sua própria qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- ALESSIO, C. E.; PINTO, F. G. S.; MOURA, A. C. Avaliação Microbiológica das Águas das Principais Fontes de Praças e Parques de Cascavel - PR. **UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde** 11, 41-44, 2009.
- ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. SS.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica** 42, 115-124, 2012.
- ARAÚJO, F. V.; VIEIRA, L.; JAYME, M. M. A.; NUNES, M. C.; CORTÊS, M. Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ. **Cadernos de Saúde Coletiva** 23, 380-385, 2015.
- BATISTA, B. G.; FUCKS, M. B. Avaliação microbiológica da água do Arroio Pessegueirinho de Santa Rosa, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Monografias Ambientais** 9, 2031-2037, 2012a.
- BATISTA, B. G.; FUCKS, M. B. Avaliação microbiológica da água do arroio Pessegueirinho, Santa Rosa-RS. **Ciência Equatorial** 2, 9 pp., 2012b.
- BLODGETT, R. Most Probable Number from serial dilutions (Appendix 2). In: United States Food and Drug Administration (FDA). **Bacteriological Analytical Manual (BAM)**. Silver Spring: FDA, 2010. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm109656.htm>>. Acesso em: 01 mar. 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Brasília: CONAMA, 2000. Disponível em:

- <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 02 mai. 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 02 mai. 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.
- BREMM, T.; MAYER, I. Qualidade físico-química e microbiológica das águas do córrego Clarimundo no município de Cerro Largo – RS. In: II Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 2, 2012, Chapecó. **Anais...** Chapecó: UFFS, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/issue/view/2> >. Acesso em: 17 ago. 2016.
- BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Ambi-Água** 8, 186-205, 2013.
- CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena - município de Santa Maria - RS**. 2004. 154 pp. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, 2004.
- CORADI, P. C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Ambi-Água** 4, 46-56, 2009.
- CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; BRASIL JÚNIOR, A. C. P.; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas Urbanas e periurbanas no Baixo Amazonas: o caso do Amapá. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 9, 322-328, 2004.
- CUNHA, A. H.; TARTLER, N.; SANTOS, R. B.; FORTUNA, J. L. Análise microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas-BA. **Revista Biociências** 16, 86-93, 2010.

- DIEL, M. I.; PORTELA, V. O.; CHASSOT, T.; SANTOS, M. T. P. Fitossociologia do componente arbóreo do entorno da nascente no Arroio Clarimundo, afluente do Rio Ijuí - Rio Grande do Sul, Brasil. **Agrarian Academy** 2, 21-31, 2015.
- FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B. Monitoramento da qualidade da água do rio Monjolinho: a limnologia como uma ferramenta para a gestão ambiental. **Revista de Estudos Ambientais** 16, 27-37, 2014.
- GARCIA, E. N. A.; MORENO, D. A. A. C.; FERNANDES, A. L. V. A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil. **Fórum Ambiental da Alta Paulista** 11, 235-249, 2015.
- GIATTI, L. L.; ROCHA, A. A.; SANTOS, F. A.; BITENCOURT, S. C.; PIERONI, S. R. M. Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública** 38, 571-577, 2004.
- HECK, A.; LUBINI, F.; MUMBACH, R. M. Biomonitoramento de qualidade da água de um arroio com poluição urbana na bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS, Brasil. In: II Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 2, 2012, Chapecó. **Anais...** Chapecó: UFFS, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/issue/view/2>>. Acesso em: 17 ago. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades – Rio Grande do Sul – Cerro Largo**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430520&search=rio-grande-do-sul|cerro-largo>>. Acesso em: 12 mai. 2016.
- KASPER, N. **Biomonitoramento para avaliação do potencial genotóxico das águas do Arroio Clarimundo do município de Cerro Largo, RS, Brasil**. 2015. 26 pp. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo, Curso de Graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura, Cerro Largo, 2015.
- KASPER, N.; MATTOS, M.; BARCELOS, R. P.; BARONI, S. Biomonitoramento genético para avaliação do potencial genotóxico da águas do arroio Clarimundo do município de Cerro Largo – RS. In: V Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 5, 2015, Chapecó. **Anais...** Chapecó: UFFS, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/issue/view/15/showToc>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

- LOEBENS, C. M.; LINK, D. Avaliando os impactos ambientais visuais do Arroio Monjolo, em Santo Cristo-RS, na perspectiva de desenvolver ações de sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** 4, 493-509, 2011.
- MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade** 11, 67-79, 2008.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. Volume 1. Brasília: MMA, 2006.
- MOURA, A. C.; ASSUMPÇÃO, R. A. B.; BISCHOFF, J. Monitoramento físico-químico e microbiológico da água do rio Cascavel durante o período de 2003 a 2006. **Arquivos do Instituto Biológico** 76, 17-22, 2009.
- MÜLLER, N. T. G.; HOLZ, D. T.; SEEVALD, T. H. Lançamento de resíduos sólidos e efluentes no arroio Clarimundo, Cerro Largo-RS. In: XVII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2012, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta: UNICRUZ, 2012.
- NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão - Portão, RS. **Pesquisas em Geociências** 32, 27-35, 2005.
- OLIVEIRA FILHO, P. C.; DUTRA, A. M.; CERUTI, F. C. Qualidade das águas superficiais e o uso da terra: estudo de caso pontual em bacia hidrográfica do oeste do Paraná. **Floresta e Ambiente** 19, 32-43, 2012.
- PEREIRA, R. S. Poluição hídrica: causas e consequências. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos** 1, 20-36, 2004.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CERRO LARGO. **Plano Municipal de Saneamento Básico - Relatório Técnico Final**. Cerro Largo: [s.n.], 2012. Disponível em: <https://portal.tce.rs.gov.br/pmsr/PMSB/Cerro%20Largo/PMSB_Cerro_Largo.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2016.
- RAZZOLINI, M. T. P.; GUNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade** 17, 21-32, 2008.
- SALVATORI, R. U.; WOLF, G. A. K.; DRESCH, F.; STROHSCHOEN, A. A. G. **Laboratório de Microbiologia: normas gerais, instruções de trabalho e procedimentos operacionais padrões**. Lajeado: Editora da Univates, 2013.
- SANTOS, P. P.; MIRANDA, T. M. T.; BARTHASSON, D. L.; SOUZA, K. M. C.; BRITO, W. M. E. D.; ANDRÉ, M. C. D. P. B.; SERAFINI, A. B. Qualidade microbiológica de

- afluentes e efluentes de estações de tratamento de água e esgoto de Goiânia, Goiás. **Revista de Patologia Tropical** 39, 173-187, 2010.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul – Ano 2009/2010**. Porto Alegre: SEMA, 2012.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000.
- SILVA, A. B. A.; UENO, M. Qualidade sanitária das águas do Rio Una, São Paulo, Brasil, no período das chuvas. **Revista Biociências** 14, 82-86, 2008.
- SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). **Acta Amazônica** 42, 413-422, 2012.
- SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodema** 8, 26-45, 2014.
- TERRA, V. R.; PRATTE-SANTOS, R.; ALIPRANDI, R. B.; BARCELOS, F. F.; AZEVEDO JR., R. R.; BARBIÉRI, R. S. Avaliação microbiológica das águas superficiais do rio Jucu Braço Sul, ES, Brasil. **Natureza On Line** 6, 48-52, 2008.
- TERRA, V.R.; PRATTE-SANTOS, R.; ALIPRANDI, R. B.; BARCELOS, F. F.; MARBACH, P. A. S.; MARTINS, J. L. D.; AZEVEDO JR., R. R.; BARBIÉRI, R. S. Monitoramento do rio Jucu Braço Sul: Caracterização e avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. **Natureza On Line** 7, 5-11, 2009.
- TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - Unesco, 2005.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006.
- TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura** 55, 31-33, 2003.
- TUNDISI, J. G. (Coord.) **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

- VALLE JUNIOR, R. F.; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do rio Uberaba - MG. **Caminhos de Geografia** 14, 11 pp., 2013.
- VASCO, A. N.; MELLO JÚNIOR, A. V.; SANTOS, A. C. A. S.; RIBEIRO, D. O.; TAVARES, E. D.; NOGUEIRA, L. C. Qualidade da água que entra no estuário do rio Vaza Barris pelo principal fluxo de contribuição de água doce. **Scientia Plena** 6, artigo 102401-1, 10 pp., 2010.
- VASCONCELLOS, F. C. S.; IGANCI, J. R. V.; RIBEIRO, G. A. Qualidade microbiológica da água do Rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. **Arquivos do Instituto Biológico** 73, 177-181, 2006.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

ANEXOS

ANEXO I

Número Mais Provável por grama ou mL, para séries de 3 tubos com inóculos de 0,1, 0,01 e 0,001 g ou mL

Número de Tubos Positivos			NMP/g ou mL	Intervalo Confiança (95%)		Número de Tubos Positivos			NMP/g ou mL	Intervalo Confiança (95%)	
0,1	0,01	0,001		Inferior	Superior	0,1	0,01	0,001		Inferior	Superior
0	0	0	<3,0	.-	9,5	2	2	0	21	4,5	42
0	0	1	3,0	0,15	9,6	2	2	1	28	8,7	94
0	1	0	3,0	0,15	11	2	2	2	35	8,7	94
0	1	1	6,1	1,2	18	2	3	0	29	8,7	94
0	2	0	6,2	1,2	18	2	3	1	36	8,7	94
0	3	0	9,4	3,6	38	3	0	0	23	4,6	94
1	0	0	3,6	0,17	18	3	0	1	38	8,7	110
1	0	1	7,2	1,3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3,6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7,4	1,3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3,6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3,6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4,5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4,5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9,2	1,4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3,6	42	3	2	3	290	90	1000
2	0	2	20	4,5	42	3	3	0	240	42	1000
2	1	0	15	3,7	42	3	3	1	460	90	2000
2	1	1	20	4,5	42	3	3	2	1100	180	4100
2	1	2	27	8,7	94	3	3	3	>1100	420	.-

Fonte: adaptada de Blodgett (2010).

ANEXO II

Resultados dos testes de coliformes totais e coliformes termotolerantes para as diferentes coletas realizadas no arroio Clarimundo, determinados pela técnica do Número Mais Provável (NMP)

1ª COLETA (29/02/2016) – VERÃO

COLIFORMES - TESTE PRESUNTIVO

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	3	10 ⁰	3	10 ⁻¹	3
10 ⁻¹	2	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	1	10 ⁻²	2	10 ⁻³	3
10 ⁻³	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0

COLIFORMES TOTAIS

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁻¹	2	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	1	10 ⁻²	2	10 ⁻³	3
10 ⁻³	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	1.500		9.300		240.000

COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	2	10 ⁻¹	3	10 ⁻¹	3
10 ⁻¹	1	10 ⁻²	1	10 ⁻²	3
10 ⁻²	0	10 ⁻³	0	10 ⁻³	2
NMP/100 mL	150		4.300		110.000

2ª COLETA (09/05/2016) – OUTONO

COLIFORMES - TESTE PRESUNTIVO

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	3	10 ⁰	3	10 ⁻²	3
10 ⁻¹	3	10 ⁻¹	3	10 ⁻³	3
10 ⁻²	2	10 ⁻²	2	10 ⁻⁴	0
10 ⁻³	0	10 ⁻³	1	10 ⁻⁵	0

COLIFORMES TOTAIS

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁻¹	2	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	1	10 ⁻²	2	10 ⁻³	3
10 ⁻³	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	1.500		9.300		240.000

COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	3	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	0	10 ⁻²	1	10 ⁻³	2
10 ⁻³	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	230		4.300		93.000

3ª COLETA (01/08/2016) – INVERNO

COLIFORMES - TESTE PRESUNTIVO

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	3	10 ⁰	3	10 ⁻¹	3
10 ⁻¹	2	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	1	10 ⁻²	1	10 ⁻³	2
10 ⁻³	0	10 ⁻³	1	10 ⁻⁴	0

COLIFORMES TOTAIS

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁻¹	1	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	0	10 ⁻²	1	10 ⁻³	2
10 ⁻³	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	360		4.300		93.000

COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	2	10 ⁻¹	2	10 ⁻²	3
10 ⁻¹	0	10 ⁻²	0	10 ⁻³	0
10 ⁻²	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	92		920		23.000

4ª COLETA (07/11/2016) – PRIMAVERA

COLIFORMES - TESTE PRESUNTIVO

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁰	3	10 ⁻¹	3	10 ⁻¹	3
10 ⁻¹	3	10 ⁻²	2	10 ⁻²	3
10 ⁻²	2	10 ⁻³	0	10 ⁻³	2
10 ⁻³	1	10 ⁻⁴	0	10 ⁻⁴	0

COLIFORMES TOTAIS

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁻¹	3	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	1	10 ⁻²	1	10 ⁻³	2
10 ⁻³	1	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	7.500		4.300		93.000

COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos	Diluição	Tubos positivos
10 ⁻¹	3	10 ⁻¹	3	10 ⁻²	3
10 ⁻²	0	10 ⁻²	1	10 ⁻³	0
10 ⁻³	0	10 ⁻³	0	10 ⁻⁴	0
NMP/100 mL	2.300		4.300		23.000