

Universidade Brasil
Campus de Fernandópolis

MARTHA NAVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DOS MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS E DA ATIVIDADE
DO OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DO EFLUENTE HOSPITALAR
DA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG**

ANALYSIS OF THE PATHOGENIC MICROORGANISMS AND OZONE ACTIVITY IN
THE DECONTAMINATION OF THE HOSPITAL EFFLUENT OF THE CITY OF
UBERLÂNDIA-MG

Fernandópolis, SP
2016

MARTHA NAVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DOS MICRORGANISMOS E DA ATIVIDADE DO OZÔNIO NA
DESCONTAMINAÇÃO DO EFLUENTE HOSPITALAR DA CIDADE DE
UBERLÂNDIA-MG**

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Dora Inês Kozusny-Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

O48a Oliveira, Martha Naves de
Análise dos microrganismos patogênicos e da atividade do ozônio na descontaminação do efluente hospitalar da cidade de Uberlândia-MG / Martha Naves de Oliveira. -- Fernandópolis, 2016.

78f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade de Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Dora Inês Kozusny-Andreani

1. Coliformes termotolerantes. 2. Coliformes totais. 3. Desinfecção. 4. Escherichia coli. 4. Esgoto. 5. Salmonella
I. Título.

CDD 363.7297

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

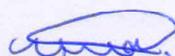
Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“ANÁLISE DOS MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS E DA ATIVIDADE DO OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DO EFLUENTE HOSPITALAR DA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG”**

Autor(es):

Discente: Martha Naves de Oliveira

Assinatura: 

Orientador: Dora Inés Kozusny-Andreani

Assinatura: 

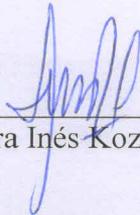
Data: 19/dezembro/2016

TERMO DE APROVAÇÃO

MARTHA NAVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DOS MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS E DA ATIVIDADE
DO OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DO EFLUENTE HOSPITALAR DA
CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG.**

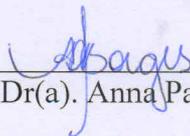
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Dora Inés Kozusny-Andreani (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Liandra Maria Abaker Bertipaglia



Prof(a). Dr(a). Anna Paula de Sá Borges

São Paulo, 19 de dezembro de 2016.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani

À memória dos meus pais que, apesar de todas as dificuldades, nunca mediram esforços em favor dos estudos que, sabiamente, garantiram novos caminhos à sua prole pela educação.

Agradecimento

Uma construção, por mais simples e pequena que seja, remete-nos à ideia de que não estamos sozinhos, precisamos do nosso Criador para iluminar e orientar nossos passos, precisamos uns dos outros para ensinar e lembrar a arte de que se faz o caminho ao caminhar.

Por isso, agradecer é uma forma de demonstrar o sentimento de gratidão.

Agradeço a minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Dora Inês Kosusny Andreani, pela orientação e auxílio ao longo desta pesquisa.

Ao Mário César, pelo apoio tão necessário para meu refúgio e fortalecimento.

Aos meus filhos, Ana Clara e Lucas, pelo amor incondicional em todos os momentos.

Ao Felipe, pelo carinho e disponibilidade em auxiliar-me em minhas dificuldades.

Aos meus irmãos, cunhadas, cunhados e sobrinhos, pela certeza que posso contar sempre com o incentivo a cada nova etapa da minha vida.

À amiga e Professora Mestre Madalena Alcântara, pelas orientações para melhorar a dissertação.

À técnica de laboratório da Universidade Brasil, Glisely Bonfim, pela colaboração nos experimentos.

Ao José Aparecido, funcionário do setor de Bioengenharia da UFU, pela colaboração e auxílio na realização das coletas.

Ao meu grupo de pós-graduação, Adélia Soares, Glaucimeire Rodrigues, Ibis Avelar e Leila Gomes, pela cooperação e o aprendizado da convivência entre gargalhadas, melindres e lágrimas com que fortalecemos uma amizade ao longo desses dois anos.

À Silmara Gonçalves, por contribuir em superar as dificuldades tecnológicas.

À Ana Maria Resende, pelas orações e incentivo.

À Shirley, funcionária da biblioteca do HCU/UFU, pelo carinho e apoio durante a pesquisa.

À equipe de trabalho do HCU/UFU e ao coordenador Dr. Alexandre Henrique C. Rosa, pela compreensão durante esse período de concretização do mestrado.

Ao Diretor Clínico Dr. Hélio L. da Silveira e ao Diretor de Ensino e Pesquisa Dr. Orlando Cesar Mantese, por terem acreditado, possibilitado e me liberado para a realização desta pesquisa.

ANÁLISE DOS MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS E DA ATIVIDADE DO OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DO EFLUENTE HOSPITALAR DA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG

RESUMO

As unidades hospitalares têm como meta a promoção da saúde, no entanto, devido às suas atividades, podem tornar-se fontes importantes de contaminação ambiental em razão da produção diversificada de resíduos sólidos e líquidos. Por sua vez, os efluentes hospitalares caracterizam-se como possíveis veículos de disseminação de inúmeros microrganismos patogênicos e de outros contaminantes que, quando não tratados, representam um risco potencial aos seres humanos e ao meio ambiente, com a possibilidade de contaminação dos mananciais de água potável. Desde modo, objetivou-se, nesta pesquisa, avaliar a presença de microrganismos patogênicos cultiváveis e verificar a eficácia do ozônio na desinfecção dos efluentes de um hospital público da cidade de Uberlândia-MG. Foram realizadas amostragens do efluente hospitalar em dois pontos, sendo 200m a distância entre eles: o primeiro ponto, proveniente do Pronto Socorro, Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório, e o segundo ponto, proveniente da Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia. É importante salientar que as amostragens foram realizadas por três meses consecutivos, e as amostras foram avaliadas quanto à presença de mesófilos totais, coliformes totais e termotolerantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. Em outro momento, o efluente foi submetido ao tratamento com o ozônio por diferentes períodos de tempo. Com análises realizadas no efluente, foi possível verificar a presença de mesófilos, coliformes, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp em ambos os pontos e em todos os meses de avaliação. Da mesma forma, o tratamento com o ozônio se mostrou eficaz na descontaminação do efluente hospitalar, sendo necessários 20 minutos para eliminação da carga bacteriana.

Palavras-chave: Coliformes termotolerantes. Coliformes totais. Desinfecção. *Escherichia coli*. Esgoto. *Salmonella*.

ANALYSIS OF THE PATHOGENIC MICROORGANISMS AND OZONE ACTIVITY IN THE DECONTAMINATION OF THE HOSPITAL EFFLUENT OF THE CITY OF UBERLÂNDIA-MG

ABSTRACT

Hospitals aim to promote health; however, because of the nature of their activities, they can become important sources of environmental contamination due to the diversified production of solid and liquid wastes. Therefore, hospital effluents are characterized as possible vehicles for the dissemination of many pathogenic microorganisms and other contaminants. When not treated, they become a potential risk to humans and the environment, possibly contaminating potable water sources. In this way, this research aimed at evaluating the presence of cultivable pathogenic microorganisms and verifying the efficiency of ozone in the disinfection of effluents from a public hospital in the city of Uberlândia, State of Minas Gerais, Brazil. Accordingly, samplings from the hospital effluent were conducted in two different spots 200 meters far from each other: the first outlet was from the Emergency Room, Infirmary, ICU, Surgical Center and Laboratory and the second one from the Hemodialysis, Kitchen, Laundry and Linen room. It is important to point out that the samplings were conducted throughout three months, and the samples were evaluated according to the presence of total mesophiles, total and thermotolerant coliforms, *Escherichia coli* and *Salmonella spp.* At another time, the effluent was treated with ozone for different periods of time. Through the analysis of the effluent, it was possible to verify the presence of mesophiles, coliforms, *Escherichia coli* and *Salmonella spp* in both outlets and during all the months of evaluation. Similarly, the ozone efficiently decontaminated the hospital effluent, requiring 20 minutes to eliminate the bacterial load.

Keywords: *Escherichia coli*. *Salmonella*. Sewage. Disinfection. Thermotolerant coliforms. Total coliforms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Impurezas da água.....	20
Figura 2: Estrutura Molecular do Ozônio.....	32
Figura 3: Formação do Ozônio.....	33
Figura 4: Ciclo de Chapman.....	33
Figura 5: Aparelho do ozônio.....	34
Figura 6: Ação do ozônio: 1. Bactéria sadia; 2. Parede celular da bactéria sendo atacada pelo ozônio; 3. Oxidação da parede celular da bactéria; 4, 5 e 6. Ruptura e destruição da bactéria.	34
Figura 7: Localização de Uberlândia.	40
Figura 8: Coleta de Amostras – Ponto I.....	42
Figura 9: Coleta de Amostras – Ponto II.....	42
Figura 10: Demonstração das diluições seriadas da amostra.	44
Figura 11: Uso do meio – Lauril.....	44
Figura 12: Uso do meio –Verde brilhante	44
Figura 13: Uso do meio – Caldo E.C.....	45
Figura 14: Produção de ozônio	46
Figura 15: Amostras de mesófilos totais.....	50
Figura 16: Amostras de mesófilos totais.....	50
Figura 17: Amostras de mesófilos totais.....	50
Figura 18: Amostras de mesófilos totais.....	50
Figura 19: Amostras de mesófilos totais.....	51
Figura 20: Amostras de coliformes totais.....	51
Figura 21: Amostras de coliformes totais.....	51
Figura 22: Amostras de coliformes termotolerantes.	52
Figura 23: Amostras de coliformes termotolerantes.	52
Figura 24: Amostra de E. coli – Fevereiro.	52
Figura 25: Distribuição da contagem microbiana de acordo com os meses avaliados para cada um dos microrganismos:	54
Figura 26: Distribuição da contagem microbiana de acordo com os meses avaliados para cada um dos microrganismos:	55
Figura 27: Intervalos de confiança para a contagem dos coliformes termotolerantes	

para os locais:	58
Figura 28: Intervalos de confiança para a contagem da E. coli para os locais: Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório. Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.	58
Figura 29: Amostra Salmonella.	59
Figura 30: Amostra antes da ozonização.	62
Figura 31: Amostra após 20 minutos de ozonização.....	62
Figura 32: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio. Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório.	63
Figura 33: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio, excluindo a amostra sem ozônio.....	64
Figura 34: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio: Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.	64
Figura 35: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio, excluindo a amostra sem ozônio.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Doenças relacionadas à água.....	22
Tabela 2: Classificação dos seres vivos	26
Tabela 3: Legislação básica do Estado quanto ao meio ambiente.....	37
Tabela 4: Legislação Ambiental do Município de Uberlândia.....	39
Tabela 5. Estatísticas descritivas da contagem microbiana dos locais avaliados de acordo com os meses estudados.....	49
Tabela 6. Estatísticas descritivas da quantificação de cada um dos microrganismos, comparando os locais avaliados.	57
Tabela 7. Estatísticas descritivas da contagem microbiana dos locais avaliados de acordo com a ação antimicrobiana do ozônio.	61
Tabela 8. Estatísticas descritivas da carga microbiana de acordo com os tratamentos com ozônio e com os locais avaliados	63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
API	Analytical Profile Index
CCG	Centro Cirúrgico Geral
CCO	Centro Cirúrgico Obstétrico
CF/88	Constituição Federal de 1988
CFC	Clorofluorcarboneto
CODEMA	Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CT	Coliforme termotolerante
CTCQA	Câmara Técnica de Controle de Qualidade Ambiental
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EC	<i>Escherichia Coli</i>
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
H₂S	Sulfeto de hidrogênio
HCU	Hospital de Clínicas de Uberlândia
Km	Quilômetro
LPS	Lipopolissacarídeo
MBL	Metalo-betalactamase
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NMP	Número mais provável
O	Oxigênio livre
O₂	Oxigênio molecular
O₃	Ozônio
°C	Celsius
OMS	Organização Mundial da Saúde

ONU	Organização das Nações Unidas
PGRSS	Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde
Ppm	Partes por milhão
PREMEND	Programada de Recebimento e Monitoramento de Efluentes não Domésticos
PS	Pronto Socorro
PVC	Policloreto de Vinila
RNA	Ácido ribonucleico
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
SEMAD	Secretária do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SISEMA	Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SP	São Paulo
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
UV-B	Raios ultravioleta B
UV-C	Raios ultravioleta C

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Relevância do tema.....	17
1.2. Fundamentação	18
1.2.1. Saneamento e saúde ambiental.....	18
1.2.2. Água	19
1.2.3. Doenças veiculadas pela água.....	21
1.2.4. Esgoto	22
1.2.5. Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS).....	24
1.2.6. Organismos presentes na água (microrganismos).....	26
1.2.7. Mesófilos totais.....	27
1.2.8. Coliformes totais.....	27
1.2.9. Coliformes termotolerantes ou fecais	28
1.2.10. <i>Escherichia coli</i>	28
1.2.11. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	29
1.2.12. <i>Salmonella</i>	30
1.2.13. Aspectos históricos do Ozônio.....	31
1.2.14. Características do Ozônio	31
1.2.15. Estrutura molecular do Ozônio	32
1.2.16. Geração de ozônio	32
1.2.17. Inativação de bactérias pelo Ozônio.....	34
1.2.18. Aplicabilidades do ozônio	35
1.2.19. Riscos associados ao ozônio	35
1.2.20. Legislação Ambiental no Brasil.....	36
1.2.21. Legislação federal	36
1.2.22. Legislação estadual.....	37
1.2.23. Legislação municipal	38
1.3. Objetivo geral	39
1.4. Objetivos específicos.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1. Localização da área de estudo.....	40
2.3. Coleta de amostras	41

2.4.1. Primeira etapa: investigação da presença dos microrganismos.....	43
2.4.2. Segunda etapa: Identificação dos microrganismos	45
2.4.3 Terceira etapa: ozonização.....	46
2.5. Análise de dados	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
5. CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS.....	70
ANEXO A - Autorização para coleta de amostras.....	78

1. INTRODUÇÃO

1.1. Relevância do tema

Os serviços de saúde se inserem na produção de relevantes impactos ambientais em consequência da complexidade e amplitude de atividades médico-hospitalares, as quais produzem uma diversidade de resíduos químicos farmacêuticos e infectocontagiosos, constituindo fontes importantes de contaminação para a população interna e externa do ambiente hospitalar (COSTA; FONSECA, 2009; ABNT, 2004).

De acordo com Vecchia et al. (2010), o volume dos Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS) tem aumentado com o crescimento populacional e com o surgimento de novos estabelecimentos de saúde. Vale destacar que a forma de descarte dos mesmos, na maioria das vezes, é realizada de modo incorreto, ou seja, in natura no ambiente, contribuindo para a incidência de doenças, tanto do solo quanto veiculada pela água, e com o surgimento de microrganismos resistentes, os quais podem provocar doenças severas de difícil tratamento (VECCHIA et al., 2010; COSTA; FONSECA, 2009).

O tratamento de esgoto é considerado requisito básico de infraestrutura dos centros urbanos, pois os diversos agentes dos esgotos que provocam a poluição ambiental, principalmente poluentes químicos ou que causam doenças que afetam a saúde da população, são retirados do meio líquido, antes que sejam devolvidos à natureza. Em sua maioria, os métodos de tratamento envolvem sofisticados sistemas devido à diversificação e quantidade de dejetos (CARDOSO et al., 2016).

Contudo, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e a Câmara Técnica de Controle de Qualidade Ambiental (CTCQA) emitiram um parecer técnico (PROPOSTAS, 2005) afirmando que os efluentes provenientes de serviços de saúde podem ser lançados diretamente na rede coletora de esgotos com tratamento, por não apresentarem risco maior do que os esgotos domésticos. Entretanto, vale destacar que a composição bacteriana do efluente hospitalar é diferente daquela encontrada no efluente doméstico, e seus elementos patogênicos estão em concentrações suficientes para causar doenças e contaminações (ABREU et al., 2010; VECCHIA et al., 2010).

Considerando que ainda não há consenso nas pesquisas, como medida de prevenção, torna-se necessário realizar tratamentos dos efluentes hospitalares antes de serem descartados em esgoto comum. Das diversas tecnologias existentes, o ozônio, além de ser usado na desinfecção da água, apresenta-se como uma excelente alternativa para a descontaminação microbiana em efluentes líquidos, quando comparado à cloração; a ozonização tem alto poder sanificante em curto espaço de tempo, não requer calor nem deixa resíduos (BAIRD, 2011).

Baseado neste cenário, o presente estudo visa avaliar a presença de microrganismos patogênicos e verificar a eficácia do ozônio como agente bactericida como alternativa de tratamento para os efluentes hospitalares.

1.2. Fundamentação

1.2.1. Saneamento e saúde ambiental

Segundo Phillippi Júnior (2010), saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo, facilitar a atividade econômica e saúde ambiental; como parte da saúde pública, ocupa-se das formas de vida e das condições em torno do homem, que podem exercer alguma influência sobre a saúde e o bem-estar.

Os problemas ambientais, na maioria das vezes, são decorrentes do crescimento populacional e desenvolvimento industrial (GUIMARÃES, 2007), e o impacto desses fatores nos países em desenvolvimento coloca em risco a saúde pública, desencadeando uma série de doenças na população, principalmente a mais carente (PHILIPPI JÚNIOR; PELICIONE, 2014).

Phillippi Júnior e Pelicione (2014) consideram, como condições básicas para garantir a proteção do meio ambiente e da saúde pública, ações dos sistemas de saneamento por meio do tratamento e distribuição de água potável, coleta, tratamento e disposição final dos resíduos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis, demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

Os serviços de saneamento promovem a prevenção da saúde pública, diferenciando-se dos estabelecimentos de saúde que buscam garantir a medicina curativa (PHILIPPI JÚNIOR, 2010). Portanto, investir em saneamento é caminhar em direção a possibilidades de uma vida saudável e economicamente viável, pois a garantia de recursos básicos, diminui a propagação de doenças e reduz a necessidade de procura aos hospitais e postos de saúde (GUIMARÃES, 2007).

1.2.2. Água

A água é imprescindível à vida e ao próprio planeta, é inerente a vida, constituindo-se essencial à sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade, das relações de dependência entre os seres vivos e ambientes naturais. É uma das substâncias mais comuns na natureza, ela é incolor, insípida, inodora e se apresenta nos estados físicos sólido, líquido ou gasoso; é muito difícil de ser encontrada no ambiente como água pura, em virtude da facilidade com que as outras substâncias se misturam a ela (MEDEIROS, 2005).

A humanidade utiliza grande parte da água em seu próprio benefício e em diferentes atividades. O consumo está relacionado, sobretudo, ao abastecimento doméstico e industrial, com a finalidade de saciar as necessidades do homem e animais, a preservação da flora e da fauna, agricultura, recreação, lazer, energia elétrica, irrigação, navegação e paisagismo (VICTORINO, 2007).

Existe uma falsa ideia de que os recursos hídricos são infinitos. Realmente há muita água no planeta, entretanto menos de 3% desse volume são formados por água doce, dos quais mais de 99% ficam congelados nas regiões polares, o que dificulta a sua utilização pelo homem; além disso, um dado preocupante é que o consumo no planeta de toda água doce disponível já atinge mais de 50% (MEDEIROS, 2005; VICTORINO, 2007).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2006), a água já é escassa para um bilhão de habitantes do planeta. O crescimento populacional exacerbado, a poluição da água, o descuido com o meio ambiente, inexistência de reservas naturais, distribuição desigual e uso irracional são fatores que apontam para a escassez desse recurso natural.

A água poluída representa perigo a saúde, por conter produtos químicos, agentes virais e bacterianos, ou outras impurezas de locais como de indústrias ou dos esgotos sanitários (MEDEIROS, 2005). Essa contaminação destrói os ecossistemas naturais que sustentam a saúde humana, a produção alimentar e a biodiversidade (VICTORINO, 2007). Os principais tipos de poluição da água são químico, físico e biológico como mostra a Figura 1 (BENN, 1981; VICTORINO, 2007).

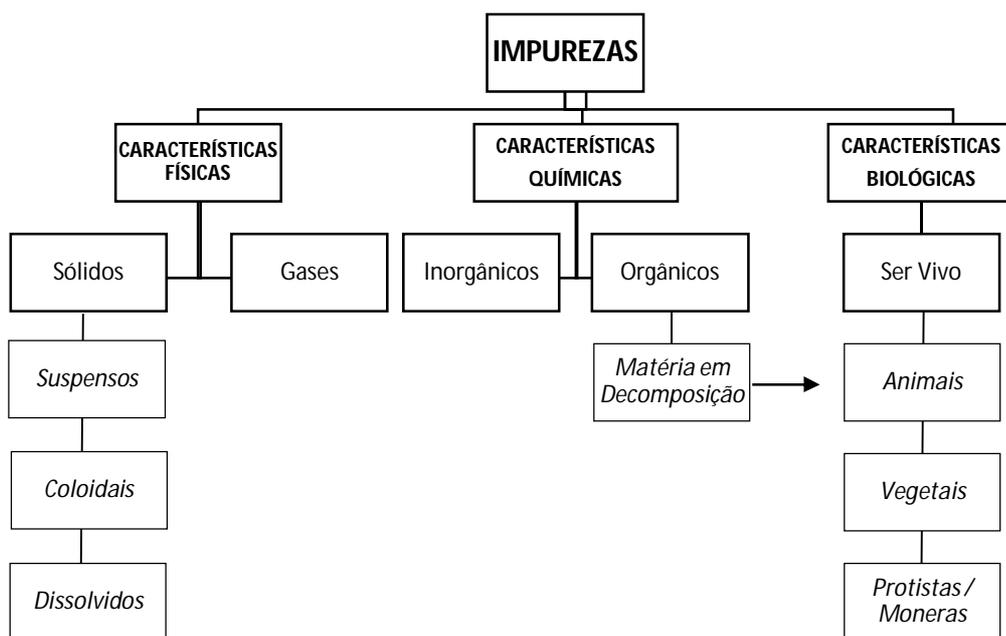


Figura 1: Impurezas da água
Fonte: Von Sperling, 2005. (Adaptado)

O Ministério da Saúde, através da Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Segundo essa legislação, as análises físicas medem e indicam características perceptíveis pelos sentidos, geralmente são de ordem estética e, dentro de certos limites de valores, não apresentam inconveniências de natureza sanitária.

As de ordem física incluem a temperatura, cor, turbidez, odor e sabor. Enquanto que as de ordem química são resultantes da presença de substâncias dissolvidas, em geral, avaliáveis somente por meios analíticos, mas de grande importância sob o aspecto de processamento, ou higiênico sanitário (BRASIL, 2011).

Com relação às características biológicas, é necessário que a água não contenha germes patogênicos, portanto a presença de coliformes totais e fecais sugerem a presença de organismos patogênicos, sendo o grupo dos coliformes fecais o principal indicador de contaminação fecal no corpo d'água (FRANCO; LANDGRAF, 2008; BRASIL, 2011).

1.2.3. Doenças veiculadas pela água

As doenças de veiculação hídrica constituem um risco à saúde e ao bem-estar da população, tornando-se um grave problema de saúde pública (BAIRD, 2011). Geralmente, são causadas por reservatórios de águas contaminadas, pela falta de higiene pessoal e ambiental, pela ingestão de alimentos preparados com água não tratada e oriunda, também, dos esgotos sem tratamento. Essas situações, em sua maioria, são bastante comuns, principalmente nas regiões onde há esgotamento sanitário inadequado, abastecimento de água deficiente e sem tratamento (OMS/UNICEF, 2000; FRANCO; LANDGRAF, 2008).

De acordo com estimativas da ONU (BRASIL, 2006), a falta de saneamento básico é responsável por 80% das mortes nos países em desenvolvimento; a maioria delas acontece entre crianças, principalmente as de classes mais pobres, que morrem desidratadas, vítimas de doenças como diarreia infecciosa, cólera, leptospirose, hepatite e esquistossomose.

As doenças hídricas são causadas por diversos microrganismos, incluindo parasitas, vírus e bactérias que podem contaminar a água por meio da via fecal-oral e causar doenças conforme a Tabela 1.

De acordo com pesquisas epidemiológicas, realizadas no Brasil, para analisar os impactos das doenças relacionadas com o saneamento ambiental inadequado (DRSAI), observa-se a prevalência de doenças diarreicas que, ainda, são responsáveis por óbitos em crianças de até cinco anos e idosos acima de 65 anos, quadro que é considerado primário, porém, provoca ocupação de leitos hospitalares, sobrecarrega o Sistema Único de Saúde (SUS) principalmente em decorrência da falta de investimentos nas áreas da saúde ambiental (BRASIL, 2010).

Tabela 1: Doenças relacionadas à água.

Categorias	Forma de transmissão	Principais doenças	Formas de prevenção
Feco-oral	O organismo patogênico é ingerido ou pelo contato com a pele	Diarreias e disenterias, cólera, giardíase, amebíase, ascaridíase, hepatite, leptospirose	- proteger e tratar águas de abastecimento; - evitar uso de fontes contaminadas.
Relacionadas com a higiene	A falta de água e hábitos de higiene inadequados	Infecções na pele e nos olhos, piolhos e a escabiose	- fornecer água em quantidade adequada; - promover a higiene pessoal e doméstica
Parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático.	O organismo penetra pela pele ou é ingerido.	Esquistossomose	- evitar o contato de pessoas com águas infectadas; - proteger mananciais.
Transmissão por inseto vetor	Propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela.	Malária, febre amarela, dengue, filariose (elefantíase)	- combater os insetos transmissores; - eliminar criadouros.

Fonte: Ribeiro, 2010 (Adaptado)

Claramente se observa uma relação de dependência entre as condições de saneamento básico, expressos pelo número de ligações de água e esgoto, com a alta ou baixa frequência de doenças hídricas nas regiões (LOBATO, 2011). O bom funcionamento desses serviços implica uma existência com mais dignidade.

1.2.4. Esgoto

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 9648 (ABNT, 1986), esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Ainda, esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

Os esgotos ou efluentes são constituídos por 99% de água, 0,1% de sólidos e inúmeros organismos vivos, tais como bactérias, vírus, vermes e protozoários, os quais são liberados junto com os dejetos humanos, que podem ser líquidos e sólidos (BENN, 1981).

Nos esgotos domésticos, os dejetos são constituídos de uma mistura de substâncias orgânicas e de alguns nutrientes, como detergentes e sabões. Quanto aos industriais, que abrangem também os efluentes hospitalares, geralmente, possuem maior diversidade devido ao tipo de produção e de produtos, variando desde substâncias químicas, ácidas bases, toxinas e substâncias orgânicas (BENN, 1981).

As diversas formas de lançamento indiscriminado de águas residuais domésticas, pluviais, industriais nos rios e lagos estão entre os maiores problemas ambientais e de saúde pública (MEDEIROS, 2005). Cerca de 80% do esgoto lançado nos mananciais, no Brasil, não passam por nenhum tipo de tratamento, contaminando a água usada para consumo (LINS, 2010).

O tratamento de esgoto é considerado requisito básico de infraestrutura dos centros urbanos, pois os diversos agentes dos esgotos que provocam a poluição ambiental, principalmente poluentes químicos ou que causam doenças que afetam a saúde da população, são retirados do meio líquido, antes que sejam devolvidos à natureza (LINS, 2010).

Em sua maioria, os métodos de tratamento envolvem sofisticados sistemas devido à diversificação e quantidade de dejetos. Geralmente, os processos de tratamento são do tipo preliminar, primário e secundário, com pouquíssimos casos de tratamento terciário (CHAGAS, 2011).

Os processos de tratamentos de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), exemplificados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA, 2016), seguem as seguintes etapas:

1ª etapa: filtração grossa/retirada dos sólidos; 2ª etapa: sedimentação primária/redução de parte da matéria orgânica; 3ª etapa: filtração/fermentação anaeróbica/redução da carga orgânica; 4ª etapa: tanque de aeração/processo biológico/remoção da matéria orgânica e os sólidos em suspensão; 5ª etapa: sedimentação final/princípios da respiração e fotossíntese/formação do lodo; 6ª etapa: adição de cloro/diminuição dos microrganismos remanescente.

Em um levantamento realizado para os estados de São Paulo e Minas Gerais, constatou-se que a etapa do tratamento secundário, onde são utilizados lodos ativados ou lagoas de estabilização, é o de maior prevalência (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005).

O tratamento de esgoto carece de muito investimento público, pois, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2010 (SNIS), divulgado em junho de 2012, a coleta de esgotos chega a 46,2% dos brasileiros e a distribuição de água potável chega a 81,1% da população (PINTO; HERMES, 2006).

A preservação do meio ambiente depende, necessariamente, do saneamento básico, e os esgotamentos sanitários estão no centro desse saneamento, uma vez que os esgotos são as maiores fontes poluidoras do meio ambiente, principalmente dos reservatórios hídricos (CHAGAS, 2011).

1.2.5. Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS)

Em conformidade com a Resolução CONAMA n. 358, de 29 de abril de 2005 (CONAMA, 2005), RSS são aqueles gerados em hospitais, clínicas, ambulatórios e similares, sendo entendidos como “todos resíduos resultantes de atividades exercidas nos serviços de atendimento à saúde humana ou animal, dentre outros similares”.

A ANVISA, por meio da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n. 306, de 2004 (ABNT, 1993), classifica os RSS em cinco grupos: A, B, C, D e E, assim definidos:

- Classe A – Engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas, tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue, dentre outras.

- Classe B: contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados;

- Classe C: quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia;

- Classe D: não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplo: sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas, papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos etc.;

- Classe E: materiais pérfuro-cortantes ou escarificantes, como exemplo, lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas.

Cuidados inadequados com a segregação, acondicionamento, armazenamento e principalmente com a destinação final dos RSS podem causar acidentes ambientais, tais como a contaminação humana, do solo, do ar e dos recursos hídricos (COSTA; FONSECA, 2009).

A normatização para os resíduos sólidos dos serviços de saúde está tecnicamente bem estabelecida em todas as suas etapas. Entretanto, para os resíduos líquidos dos serviços de saúde, as normas carecem de melhor orientação técnica quanto a sua destinação final (CHAGAS, 2011).

A categoria dos resíduos líquidos deverá atender às diretrizes estabelecidas por órgãos competentes. Este esforço se reflete, nas publicações da RDC n. 306/04 (ABNT, 1993), que destaca o item 13.3.1 do Anexo: “Os resíduos líquidos provenientes de esgoto e de águas servidas de estabelecimento de saúde devem ser tratados antes do lançamento na rede coletora de esgoto...”, e nas publicações da Resolução CONAMA n. 358/05 (CONAMA, 2005), que destaca o Art. 8: “Os efluentes líquidos provenientes dos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, para serem lançados na rede pública de esgoto ou em corpo receptor, devem atender às diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento competentes”.

Os efluentes hospitalares provêm de diversas atividades, como águas da lavanderia, das caldeiras, refeitórios, dejetos de limpeza, instalações sanitárias de funcionários e pacientes, resíduos de centros cirúrgicos, de setor de hemodiálise, laboratório de análises clínicas e anatomopatológicas, e podem apresentar altas concentrações de metais pesados, radioisótopos, medicamentos, agentes citostáticos, hormônios e desinfetantes (COSTA; FONSECA, 2009). A presença dos microrganismos patogênicos no esgoto pode aparecer a partir das excretas de indivíduos doentes.

Pesquisadores (FUENTEFRIA et al., 2008) têm demonstrado que efluentes hospitalares apresentam níveis mais elevados de bactérias resistentes aos antimicrobianos do que efluentes derivados de outras fontes.

De acordo com Calijuri et al. (2009), a propagação de micro-organismos resistentes contribui para o aumento das taxas de infecção hospitalar e comunitária, elevando as taxas de morbidade e mortalidade.

1.2.6. Organismos presentes na água (microrganismos)

Para Von Sperling (2005), os microrganismos são de grande importância dentre os seres vivos devido à sua capacidade de resistência em diferentes ambientes, à sua capacidade de causar doenças e à sua capacidade de atuação nos processos de depuração dos despejos.

Os microrganismos ou micróbios podem ser encontrados no ar, na água, no solo e, inclusive, no homem e só podem ser vistos ao microscópio óptico e alguns só com o microscópio eletrônico. Incluem os vírus, as bactérias, os protozoários, as algas unicelulares, fungos e ácaros (VON SPERLING, 2005).

Na classificação dos seres vivos (Tabela 2), os microrganismos estão divididos em: Reino Monera, formado pelas bactérias e algas azuis, todos unicelulares, sem núcleos diferenciados; Reino Protista, constituído pelos protozoários e algas eucariontes, também unicelulares, mas com núcleo diferenciado; Reino *Fungi*, formado por seres unicelulares ou pluricelulares, como fungos elementares e fungos superiores (VON SPERLING, 2005).

Tabela 2: Classificação dos seres vivos

Procarionte/eucarionte	Reino	Organismos	Unicelular/Pluricelular
Procariontes	<i>Monera</i>	Bactérias, arque bactérias, cianobactérias	Unicelulares
	<i>Protista</i>	Protozoários, algas	
Eucariontes	<i>Fungi</i>	Fungos	Uni ou pluricelulares
	<i>Plantae</i>	Todos os vegetais	
	<i>Animalia</i>	Todos os animais	Pluricelulares

Fonte: Von Sperling, 2005. (Adaptado)

Os microrganismos estão situados em dois grupos: no contato com o homem podem atuar de forma positiva, e as bactérias nitrificantes se destacam nesse sentido;

e outros que podem atuar de forma negativa, sendo prejudiciais à saúde, entre os quais se acham os microrganismos patogênicos, ou seja, os causadores de doenças infecciosas (TORTORA et al., 2005).

As infecções bacterianas podem ser divididas em exógenas, quando os agentes atingem o hospedeiro a partir de um reservatório ou fonte externa, e endógenas quando são formados na microbiota normal humana. Geralmente são oportunistas porque expressam sua atividade patogênica quando o hospedeiro apresenta baixa imunidade (TRABULSI, 2005).

Dentre os patógenos mais importantes em infecções humanas, estão os cocos Gram-positivos e os bacilos Gram-negativos, que são bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae* (TORTORA, 2005).

Serão destacados como fonte desta pesquisa as bactérias Gram-negativas, da família *Enterobacteriaceae*, que são os Mesófilos Totais, Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella* spp.

1.2.7. Mesófilos totais

Os mesófilos constituem um grupo importante por incluir a maioria dos microrganismos acidificantes e por se desenvolverem a temperaturas entre 20°C e 45°C, com a temperatura ótima de multiplicação em torno de 30°C a 40°C (JAY, 2005).

1.2.8. Coliformes totais

Coliformes totais formam um grupo que inclui diversas bactérias, em sua maior parte, pertencentes ao grupo das entéricas, que se originam do trato gastrointestinal de seres humanos e outros animais e apresentam as seguintes características: são aeróbias e anaeróbias, facultativas, Gram-negativas, não formadoras de esporos, fermentam lactose com produção de gás em 48h a 35°C (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Em estações de tratamento de água, a ausência dos coliformes totais, juntamente com a *E. coli* são indicadores de qualidade da água potável para consumo humano. São também usadas como indicadores para avaliar a eficiência de sistemas de desinfecção (BRASIL, 2004). Dentre os coliformes totais, apresentam importância

para a saúde os coliformes termotolerantes ou coliformes fecais (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

1.2.9. Coliformes termotolerantes ou fecais

Coliformes fecais, atualmente, chamados de coliformes termotolerantes, são bactérias que estão presentes em grandes quantidades no intestino dos animais de sangue quente, podem contaminar a água através das fezes de animais que chegam até a água por meio de despejo do esgoto que não foi adequadamente tratado (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente à temperatura de 44,5°C, temperatura suficiente que lhes permite também fermentar o açúcar e a lactose, com produção de ácidos e gases; as outras características são semelhantes às dos coliformes totais. São utilizadas como indicadores para contaminação fecal. Os coliformes fecais (termotolerantes) incluem três gêneros *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo a cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella* de origem não fecal (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Dentre as espécies de coliformes termotolerantes que têm origem fecal e, portanto, podem causar distúrbios gastrointestinais, encontram-se a espécie *Escherichia coli* e outras enterobactérias, bem como bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Salmonella* (SILVA, 2010).

1.2.10. *Escherichia coli*

Escherichia coli, mais conhecida por *E. coli*, pertencente à família *Enterobacteriaceae* do grupo Coliformes totais, sendo o microrganismo predominante nesse grupo; apresenta, assim, as características desse grupo, refere-se a gêneros diversos de bactéria bacilar Gram-negativa, anaeróbica facultativa e não produz esporos, possui múltiplos flagelos dispostos em volta da célula, normalmente é inofensiva, mas algumas linhagens podem ser patogênicas e suas toxinas produzir distúrbios gastrointestinais conhecidos como gastroenterites por *E. coli*, portanto, sendo reconhecida como patógeno de origem alimentar (TORTORA, 2005).

A *E. coli* tem seu habitat primário no trato gastrointestinal, sendo indicadora de contaminação fecal; o habitat secundário é a água, o solo e os sedimentos. O habitat primário é rico em nutrientes, a respiração é anaeróbica e a temperatura é constante 37°C; no habitat secundário a oferta de nutrientes é menor, a respiração é aeróbica e a temperatura é variável (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

A *E.coli* é um dos poucos seres vivos capazes de produzir todos os componentes de que são feitos, a partir de compostos básicos e fontes de energia suficientes. Considerada *lactase* positiva, por apresentar enzima fermentadora de açúcares, possui fímbrias que permitem a sua fixação, impedindo o arrastamento pela urina ou diarreia (TORTORA, 2005).

São susceptíveis aos ambientes secos, aos quais não resistem. Possuem lipopolissacarídeo (LPS), como todas as bactérias Gram-negativas. Essa molécula externa ativa o sistema imunitário de forma desproporcionada e a vasodilatação excessiva provocada pelas citocinas pode levar a infecções urinárias, diarreia dos viajantes, meningite neonatal, choque séptico e morte em casos de septicemia. A pacientes infectados com essa bactéria é obrigatório o uso de antibiótico em seu tratamento (MURRAY et al., 2009).

1.2.11. *Pseudomonas aeruginosa*

Esse microrganismo é um bacilo Gram-negativo, aeróbio facultativo, em forma de bastão possuindo um ou vários flagelos polares responsáveis pela motilidade, resistente a grandes variações de temperatura, tem mínimas exigências nutricionais e se encontra no solo, plantas, frutas e vegetais e preferem ambientes úmidos (TORTORA, 2005).

Está amplamente distribuída no ambiente e tem sido capaz de persistir por longos períodos em locais adversos por desenvolver resistência a agentes antimicrobianos (AMABIS; MARTHO, 2004).

Apresenta, em seu espaço periplásmico, enzimas denominadas β -lactamases, que degradam as penicilinas e outras drogas β -lactâmicas (BROOKS, 2012). Outra característica preocupante dessa espécie é a resistência cruzada a antimicrobianos, pois essa bactéria pode apresentar múltiplos mecanismos de

resistência a diversos fármacos tornando a terapêutica limitada (GONÇALVES et al., 2009).

Considerada um patógeno humano oportunista, presente no ambiente hospitalar, pode gerar muitos transtornos por provocar infecções em diversas regiões do corpo, principalmente em indivíduos com baixa imunidade, com estado mental alterado, intubação prolongada ou traqueostomizado (GONÇALVES et al., 2009).

Fuentefria et al. (2008) ressaltam, em seu estudo, que o descarte de esgoto não tratado se torna um problema de saúde pública, pois patógenos contaminantes de linhagens produtoras de metalo-betalactamases (MBLs) demonstram resistência a múltiplos agentes β -lactâmicos, constituindo uma rota de disseminação de resistência bacteriana para a comunidade. Assim, reduzir a liberação de bactérias do ambiente hospitalar para a comunidade torna-se essencial para evitar o surgimento de reservatórios ambientais de resistência a antibióticos (SILVA JÚNIOR, 2014).

1.2.12. *Salmonella*

Salmonella é um gênero de bactérias formado pelas espécies: *Salmonella bongori*, *Salmonella* entérica e *Salmonella* subterrânea. São bactérias Gram-negativas, em forma de bacilo, anaeróbicas facultativas, não formadoras de esporos, não capsuladas; a maioria delas não fermenta a lactose e apresenta um desenvolvimento ótimo em uma temperatura de aproximadamente 37°C (PAULO, s.d.).

O trato intestinal do homem e dos animais é o principal reservatório natural dessa bactéria, enquanto os alimentos de origem aviária são importantes vias de transmissão (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Todas as *salmonellas* são patogênicas em algum grau, causando doenças que são transmitidas por alimentos contaminados por condições sanitárias precárias; a salmonelose ou gastroenterite é considerada um dos problemas mais alarmantes de Saúde Pública em todo o mundo (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Dentre aquelas de maior importância para a saúde humana, destacam-se a *Salmonella typhi* (*Salmonella enterica* sorovar Typhi), que causa infecções sistêmicas e febre tifoide – doença endêmica em muitos países em desenvolvimento – e a *Salmonella Typhimurium* (*Salmonella enterica* sorovar Typhimurium), um dos agentes causadores das gastroenterites (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Convém salientar que a *salmonella* aloja em diversos sítios de infecção, incluindo o pericárdio, tireoide, meninges e medula óssea, principalmente em indivíduos imunodeprimidos (LACET et al., 2012).

1.2.13. Aspectos históricos do Ozônio

O ozônio foi observado pela primeira vez em 1785 pelo químico holandês Martinus Van Maurun, próximo a uma descarga elétrica. Em 1840, durante a oxidação lenta de fósforo branco e da eletrólise da água, o cientista alemão Christian Friedrich Schonbein identificou o odor característico e o nomeou de ozone, palavra derivada do grego Ozein (“que tem cheiro”). No ano de 1867, Soret confirmou a identidade e estrutura como sendo o oxigênio triatômico (SILVA et al., 2011).

Os primeiros equipamentos de ozonização para tratamento de água foram produzidos em 1897, facilitando a transmissão da descontaminação da água por ozonização por toda a Europa (LOURENÇÃO, 2009).

A partir de 1983, o Brasil passou a usar o ozônio no tratamento de águas superficiais, mas ainda não é muito utilizado no país, porém, em diversos países desenvolvidos, tais como Alemanha, Estados Unidos, França e Japão, é bastante empregado como saneante alternativo ao cloro (CAVALCANTE, 2007).

1.2.14. Características do Ozônio

Ozônio é um gás que apresenta cor azulada ou incolor nas condições atmosféricas, tem cheiro forte, é instável em solução aquosa, com meia vida de 165 minutos à temperatura de 20°C. Em contrapartida é muito estável no ar, com meia vida de cerca de 12 horas em condições normais de pressão e temperatura (COSTA, 2007).

Encontrado na estratosfera, entre os quilômetros 20 a 35 de altitude, a camada de ozônio tem cerca de 15 km de espessura. A máxima concentração de ozônio corresponde a aproximadamente 28 km de altitude. Nela existem cinco moléculas de ozônio para cada milhão de moléculas de oxigênio. O ozônio é mais concentrado nos polos do que no Equador e, nos polos, ele também se situa numa altitude mais baixa (MEDEIROS, 2005).

Nas últimas décadas, entretanto, tem ocorrido uma diminuição na concentração de ozônio, causada pela emissão de poluentes na troposfera (BAIRD, 2011).

1.2.15. Estrutura molecular do Ozônio

A estrutura molecular do ozônio é formada a partir do rompimento das moléculas de oxigênio (O_2), pela ação da radiação ultravioleta do sol. Nessa situação, o átomo separado combina-se com outras moléculas de oxigênio, formando o ozônio (O_3) (MEDEIROS, 2005).

A molécula de ozônio é formada por três átomos de oxigênio (O_3) em ângulo obtuso, e o oxigênio central liga-se aos outros dois átomos equidistantes, consistindo em uma molécula alotrópica instável do gás oxigênio (O_2), conforme mostrado na Figura 2.

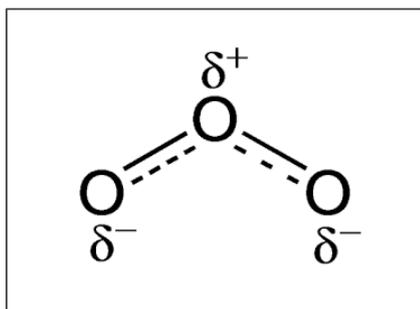


Figura 2: Estrutura Molecular do Ozônio

Fonte: Sociedade Brasileira de Química, 2016. (Adaptado)

1.2.16. Geração de ozônio

O ozônio pode ser criado pela descarga elétrica que cliva o oxigênio molecular (O_2), resultando em dois átomos de oxigênio livre (O) que se ligam rapidamente a outras duas moléculas de oxigênio, ou da radiação ultravioleta sobre o O_2 . Este segundo método é utilizado para produção de baixa concentração de ozônio na conservação de alimentos (BAIRD, 2011).

Sua atuação rápida na autodecomposição faz com que o ozônio seja indicado na sanitização de alimentos, pois, logo após sua utilização, se decompõe rapidamente em molécula de oxigênio e água, não gerando resíduo tóxico (MEDEIROS, 2005), conforme a Figura 3.

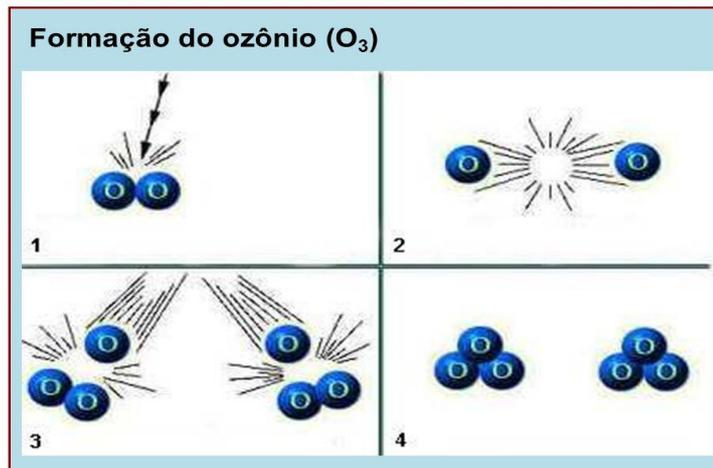


Figura 3: Formação do Ozônio

Fonte: <http://www.snatural.com.br/Tratamento-Agua-Ozonio.html>, 2016.

O gás de ozônio é constantemente gerado, decomposto e regenerado por meio de uma série de reações que ocorrem concomitantes e no período de luz na estratosfera. Este mecanismo de reação na formação e destruição do ozônio é chamado de ciclo de Chapman (BAIRD, 2011), conforme ilustrado na Figura 4.

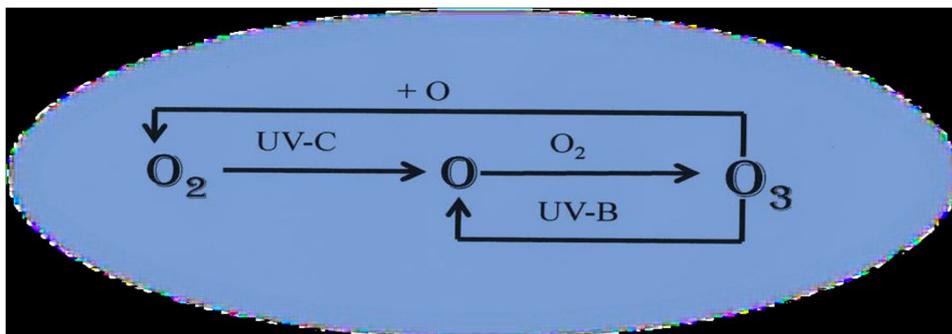


Figura 4: Ciclo de Chapman.

Fonte: Baird, 2011. (Adaptado)

Uma característica que o diferencia do oxigênio é sua instabilidade, não sendo, por isso, possível armazená-lo, deve ser produzido no local e utilizado imediatamente (LOURENÇÃO, 2009).

A produção comercial do ozônio é realizada pelo método “corona”, utilizando um aparelho gerador de ozônio como mostra a Figura 6. Consiste em aplicar uma descarga eletroquímica, através de uma corrente alternada de alta voltagem descarregada na presença de oxigênio (LOURENÇÃO, 2009).



Figura 5: Aparelho do ozônio
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

1.2.17. Inativação de bactérias pelo Ozônio

A ação antimicrobiana do ozônio ocorre por meio da oxidação dos glicolipídios, glicoproteínas e aminoácidos da parede e membranas celulares microbianas (BAIRD, 2011). Degrada primariamente a estrutura da membrana, age no material nuclear, inativa o microrganismo em menor tempo de contato e inviabiliza sua recuperação. Além disso altera a permeabilidade celular e causa uma rápida lise e inibição à atividades respiratória e reprodutiva dos microrganismos, provocando a morte bacteriana. Quando comparado com o cloro, este atravessa a membrana celular e produz alterações estruturais e funcionais nos elementos internos das células, como enzimas, proteínas, RNA e DNA (PEZZI, 2009).

A Figura 6 representa a degradação da membrana bacteriana pela ação do ozônio.

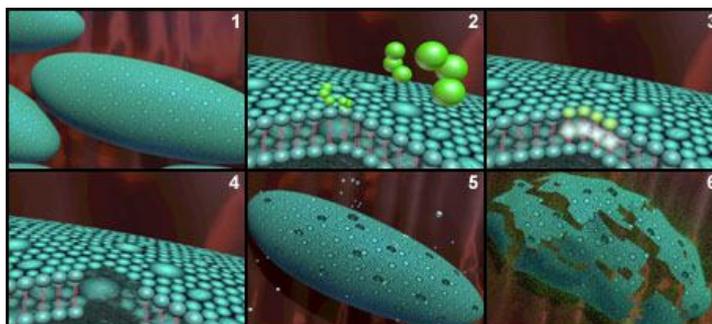


Figura 6: Ação do ozônio: 1. Bactéria sadia; 2. Parede celular da bactéria sendo atacada pelo ozônio; 3. Oxidação da parede celular da bactéria; 4, 5 e 6. Ruptura e destruição da bactéria.

Fonte: <http://www.snatural.com.br/Tratamento-Agua-Ozonio.html>, 2016.

1.2.18. Aplicabilidades do ozônio

Das diversas tecnologias pesquisadas, o ozônio além de ser usado na desinfecção da água, apresenta-se como uma excelente alternativa para a descontaminação microbiana em efluentes líquidos (BAIRD, 2011).

O ozônio apresenta alto poder de oxidação, sendo superior ao cloro, e pode agir aproximadamente 3.000 vezes mais rapidamente na inativação celular de bactérias, fungos, leveduras e vírus, portanto sua ação sanificante ocorre em menor tempo de contato e concentração. Em função desta característica, apresenta forte ação bactericida (BAIRD, 2011).

Também apresenta vantagens sobre o cloro na desinfecção de esgotos, pois aumenta o oxigênio dissolvido do efluente tornando-os mais biodegradáveis, não deixa resíduo, diminui a turbidez e a cor; o seu odor é um fator de segurança, pois é percebido em nível inferior de risco, porém, como o cloro, é tóxico e pode causar doenças graves e morte quando inalado em alta quantidade (LOURENÇÃO, 2009).

Na produção de alimentos, o ozônio tem conquistado espaço devido ao seu alto poder sanificante e à sua rápida degradação, não deixando resíduos nos alimentos tratados, tanto de origem vegetal quanto animal, com garantia na higiene, cor, odor e aspecto visual, sem deixar resíduos que possam provocar reações indesejáveis (PARASKEVA; GRAHAM, 2002).

1.2.19. Riscos associados ao ozônio

Nunca deve ser inalado, pois pode ser tóxico ao trato respiratório, e sua concentração máxima considerada segura para o homem é da ordem de 0,1 partes por milhão (ppm). Os efeitos do gás no organismo variam de acordo com a concentração inalada. Concentração 0,1 ppm provoca lacrimejamento e irritação das vias aéreas superiores, de 1,0 a 2,0 ppm provoca tosse, cefaleia e náuseas (BAIRD, 2011).

Durante o funcionamento, a concentração de ozônio no local de ozonização deverá ser mantida abaixo de 0,1 ppm. Por isso, é necessário haver meios de destruição do ozônio residual do ar, ambiente e dispositivos de ventilação.

Para concentração de ozônio até 5 ppm, deve ser usada máscara filtrante feita com material resistente ao ozônio, à base de hypalon, estas devem cobrir toda a face e proteger os olhos da ação irritante (BASSANI, 2003).

1.2.20. Legislação Ambiental no Brasil

A legislação ambiental compreende um conjunto de leis, resoluções e decretos visando proteger o meio ambiente de crimes praticados pelo homem (MILARÉ, 2013).

O ápice de toda a legislação para o meio ambiente, no Brasil, ocorreu com a promulgação da Constituição Federal de 1988 (CF/88), que dedicou um grande espaço ao meio ambiente, como o Artigo 225 (BRASIL, 1988), que determina: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A Política Nacional do Meio Ambiente para a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental foi fixada por lei, visando assegurar as condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

A partir da CF/88, o meio ambiente passou a ser legislado nos planos federal, estadual e municipal.

1.2.21. Legislação federal

As leis ambientais brasileiras são consideradas bastantes avançadas e bem elaboradas no que diz respeito ao objeto proposto; o problema está na aplicação que, por fatores os mais diversos, inviabiliza e pode tornar falha a sua execução.

O gerenciamento e destinação dos RSS é um tema multidisciplinar e carece de ações por sua complexidade, dimensão e impacto na vida em comunidade (VECCHIA et al., 2010).

A legislação sobre descartes de efluentes não difere o efluente hospitalar dos demais; a Resolução CONAMA 403/11 (CONAMA, 2005) complementa e altera a Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e

diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Lei Nacional de Saneamento n. 11.445, de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), estabelece diretrizes para o saneamento básico no País, é seguramente uma iniciativa de grande relevância, cobrindo uma lacuna na legislação deste setor.

1.2.22. Legislação estadual

Dimensionando as políticas de proteção e conservação do meio ambiente nos estados, o CONAMA estabelece para os estados uma estrutura semelhante à existente na esfera federal.

O Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) é o órgão normativo e deliberativo. Estabelece diretrizes para a disposição final adequada dos resíduos dos estabelecimentos dos serviços de saúde.

Tabela 3: Legislação básica do Estado quanto ao meio ambiente.

LEIS E DECRETOS	DISPOSIÇÕES
Lei n. 11.903/1995	Cria a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
Lei n. 12.581/1997	Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD - e dá outras providências.
Lei Delegada n. 62/2003	Dispõe sobre a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e dá outras providências.
Decreto n. 44.313/2006	Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e dá outras providências.
Lei Delegada n. 125/ 2007	Dispõe sobre a estrutura orgânica básica da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD e dá outras providências.
Decreto n. 44.459/ 2007	Estabelece a estrutura orgânica das Secretarias de Estado e Órgãos Autônomos do Poder Executivo.
Decreto n. 45.824/2011	Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
Lei Delegada n. 180/ 2011	Dispõe sobre a estrutura orgânica da administração pública do poder executivo do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.
Lei n. 21.972 /2016	Reestrutura as unidades administrativas do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema) e órgãos vinculados.

Fonte: Secretaria Municipal de Saneamento Básico, Uberlândia, 2015.

Esse arcabouço de leis, resoluções e decretos dimensiona ao Estado planejar, propor e coordenar a gestão ambiental integrada, com vistas à manutenção dos ecossistemas e do desenvolvimento sustentável;

1.2.23. Legislação municipal

A Lei n. 21.972/2016 (MINAS GERAIS, 2015a), que estrutura as unidades administrativas do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), fortalece os mecanismos de defesa da população que vive no entorno de grandes empreendimentos, fortalece o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), a volta das câmaras técnicas, a municipalização e a reformulação do modelo de licenciamento ambiental adotado no estado.

Quanto aos municípios, especificamente, o Artigo 28 da nova lei prevê que “o Estado poderá delegar aos municípios a competência para promover o licenciamento e a fiscalização ambiental de atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores, conforme disposto em decreto”, foi regulamentado pelo Decreto n. 46.937 (MINAS GERAIS, 2016b), também publicado em 21 de janeiro de 2016.

Após a aprovação do convênio, o município deverá assumir todas as etapas do licenciamento de uma atividade, desde a formalização do processo, análise técnica, fiscalização e emissão da licença. A Tabela 4 mostra a legislação municipal de Uberlândia, MG, referente a legislação ambiental.

Como pode ser observado não há uma legislação específica para normatizar os efluentes hospitalares. Dessa forma, a presente pesquisa fornecerá subsídio para propostas de regularização do descarte de Resíduos Líquidos do Serviço de Saúde específicas.

Tabela 4: Legislação Ambiental do Município de Uberlândia

LEIS E DECRETOS NÚMERO E DATA	DISPOSIÇÕES
Lei n. 4.289/85	Cria a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e institui o Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente - CODEMA.
Decreto n. 7.401/97	Regulamenta a responsabilidade de coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos sólidos que menciona e dá outras providências.
Lei n. 7.653/00	Cria a Área de Relevante Interesse Ecológico do Lago da Hidrelétrica de Miranda e dá outras providências.
Lei Complementar n. 263/ 2001	Dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Desenvolvimento Ambiental - CODEMA e dá outras providências.
Lei Complementar n. 263/ 2001	Dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Desenvolvimento Ambiental - CODEMA e dá outras providências.
Lei Complementar n. 314/03	Estabelece Normas e Critérios para a Homologação de Acordo para Converter Parcialmente o Valor de Penalidades Pecuniárias por Infrações Ambientais em Medidas de Compensação Ambiental.
Decreto n. 10.643/2007	Dispõe sobre o Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes não domésticos do Município de Uberlândia.
Premend Decreto n. 10.643/07	Programa de recebimento e monitoramento de efluentes não domésticos do município de Uberlândia

Fonte: Secretaria Municipal de Saneamento Básico, Uberlândia, 2015.

1.3. Objetivo geral

Verificar a eficácia do ozônio na desinfecção dos efluentes de um hospital público da cidade de Uberlândia-MG.

1.4. Objetivos específicos

- Identificar o descarte final dos efluentes hospitalares;
- Realizar coletas das amostras do efluente hospitalar;
- Isolar e caracterizar os microrganismos presentes nos efluentes;
- Comparar a quantidade de microrganismos presentes em cada local de amostras;
- Avaliar a eficácia do ozônio como agente bactericida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2015), o município de Uberlândia é o mais populoso da região do Triângulo Mineiro e o segundo mais populoso de Minas Gerais, com população estimada, em 2015, de 662.362 habitantes, e ocupa uma área territorial de 4.115,206 Km². A cidade pertence à Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e à microrregião do mesmo nome (Figura 7).



Figura 7: Localização de Uberlândia.

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm, 2016.

Na vegetação do município, predomina o cerrado, o clima tem uma temperatura média de 22,3°C, umidade relativa de 26°C, sensação térmica de 27°C, temperatura mínima 19°C e máxima 31°C (UBERLÂNDIA, 2016).

De acordo com o Ranking de Saneamento Básico 2015 do Brasil, divulgado pelo Instituto Trata Brasil (SIGMA, 2016), a cidade ficou na quinta posição entre as 100 maiores cidades do Brasil que mais ampliaram o tratamento de esgoto. O levantamento toma por base dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades de 2013.

2.2. Caracterização da instituição

A instituição analisada, localizada na cidade de Uberlândia, é um hospital público universitário de grande porte, com uma área construída com mais de 51.000 m², sendo referência para atendimentos de alta complexidade para a micro e macrorregião do estado de Minas Gerais.

Dispõe de 520 leitos distribuídos nas diversas especialidades que incluem Pronto Socorro Geral (PS), Unidade de Terapia Intensiva Adulto (UTI), Pediátrico e Neonatal, Enfermaria de Ginecologia, Obstetrícia, Clínica Médica, Pediatria, Medicina Interna, Psiquiatria, Centro Cirúrgico Geral (CCG) e Obstétrico (CCO), Unidade de Queimados, Hemodiálise, Serviços de Tomografia, Raios-X e Laboratórios de Análises Clínicas, Farmácia, Ambulatórios, Serviço de Medicina Legal, Cozinha, Rouparia e Lavanderia.

No período em que ocorreram as coletas, no mês de dezembro de 2015, foram realizadas 2.854 internações; no mês de janeiro de 2016, houve 2.621 internações e no mês de fevereiro contaram com 2.417 internações. Esses valores expressam os leitos de todas as enfermarias existentes.

Os atendimentos no PS, consultas médicas e não médicas totalizaram 5.865, 5.380, 4.831 nos três meses pesquisados; as cirurgias realizadas foram 706, 781 e 821; as sessões de hemodiálise realizadas foram 553, 505 e 505; os exames laboratoriais, considerados de rotina e urgência, foram 74.310, 87.246 e 70.906; o número de refeições fornecidas totalizou 45.231, 43.351 e 34.201; a cozinha ainda preparou um número de lanches de 95.308, 76.246 e 82.323 e mamadeiras na totalidade de 12.777, 12.206 e 11.424; o serviço de lavanderia apontou 93.953, 94.026 e 85.783 peças. Todos esses valores correspondem aos respectivos meses em que foram realizadas as coletas das amostras dos efluentes hospitalares.

A instituição conta com serviço sistematizado de gerenciamento de resíduos sólidos, porém, o sistema de esgotamento ainda não conta com tratamento específico.

2.3. Coleta de amostras

As amostras do efluente foram coletadas diretamente das caixas de esgotamento do hospital, nos meses de dezembro de 2015 e janeiro, fevereiro de 2016. As coletas do

efluente foram realizadas no período da manhã, no intervalo das 07h30min às 08h30min, sempre nas segundas-feiras de uma semana aleatória referente aos três meses da pesquisa. As coletas foram realizadas em triplicata.

As amostras foram coletadas em dois pontos, sendo 200m a distância entre os mesmos. Amostra I - O primeiro ponto, proveniente do Pronto Socorro (PS), Enfermarias, Unidade de Terapia Intensiva (UTI), Centro Cirúrgico e Laboratório.

Amostra II - O segundo ponto, proveniente da Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia (Figuras 8 e 9).



Figura 8: Coleta de Amostras – Ponto I
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



Figura 9: Coleta de Amostras – Ponto II
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

Utilizou-se um coletor na boca do esgoto para recolher a amostra. Imediatamente, o material foi acondicionado em frascos de vidro âmbar, estéreis de 500 mL, que foram acomodados no gelo em caixas isotérmicas e transportados ao laboratório para realização das análises microbiológicas e tratamento com ozônio. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da Universidade Brasil, Campus Fernandópolis.

2.4. Caracterização do estudo

O estudo experimental desenvolvido referiu-se a uma análise quantitativa dos microrganismos presentes no efluente hospitalar de um hospital da cidade de Uberlândia. Para a detecção de mesófilos totais, coliformes totais e termotolerantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp, foi empregada a metodologia preconizada pela American Public Health Association (APHA, 2012). O estudo experimental foi desenvolvido em três etapas.

2.4.1. Primeira etapa: investigação da presença dos microrganismos

Para a investigação da presença de microrganismos foi realizada diluições seriadas da amostra, em solução salina (NaCl, 0,85%). Para a contagem de coliformes totais, uma alíquota de 1 mL foi transferida assepticamente para uma série de tubos de ensaio contendo tubo de Durham invertido e caldo de Lauril Tryptose (LTB). Os tubos foram agitados suavemente e incubados durante 48 horas a 37°C na estufa.

Os coliformes termotolerantes foram determinados empregando-se a metodologia de diluições seriadas da amostra, e uma alíquota de 1 mL foi transferida para tubos contendo tubo de Durham invertido e caldo Verde Brilhante Bile (BGBB). Os tubos foram agitados suavemente e incubados durante 48 horas a 44,5°C na estufa. (Figura 10).

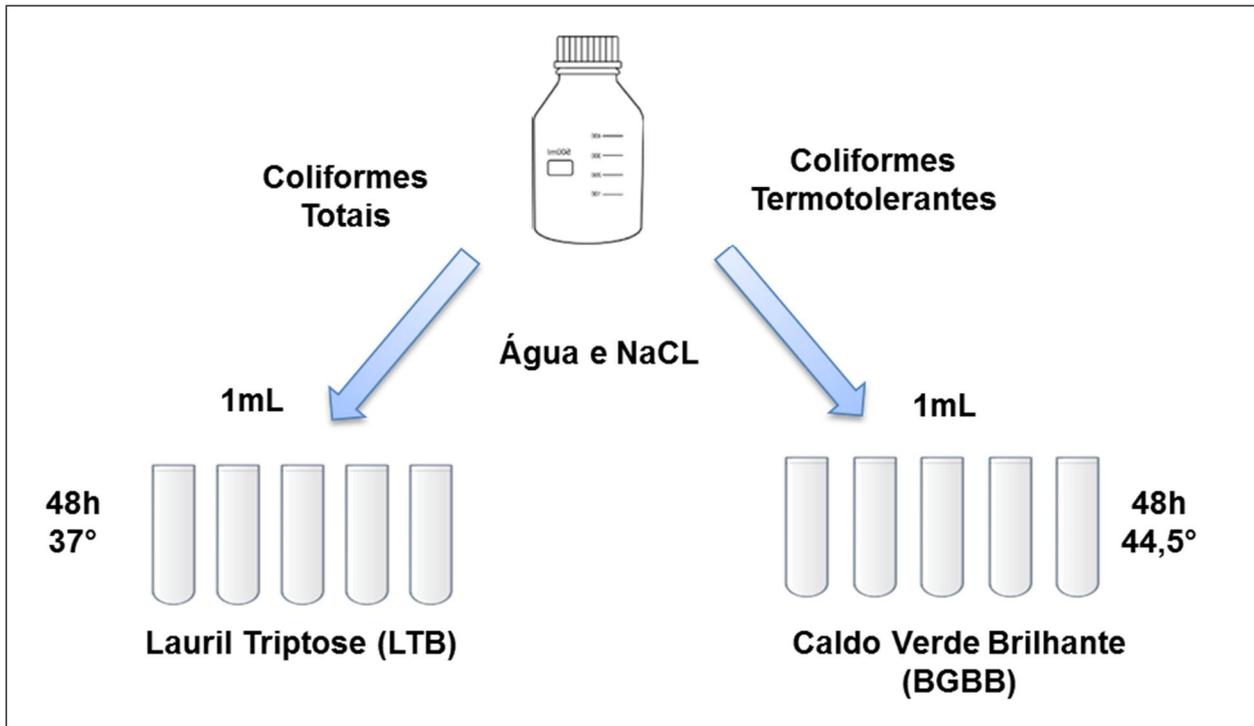


Figura 10: Demonstração das diluições seriadas da amostra.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

A produção de gás e a fermentação de lactose foram observadas como reações positivas (Figuras 11 e 12).

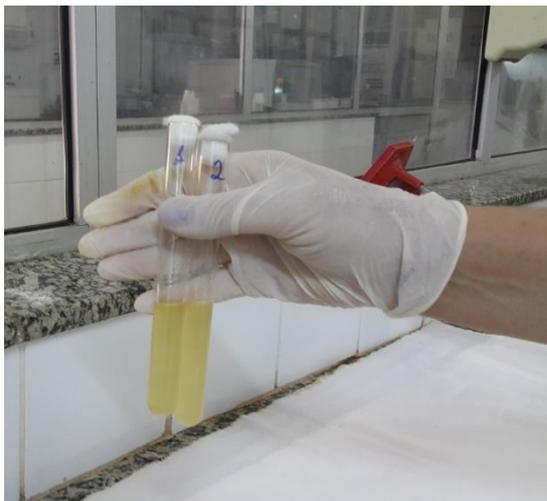


Figura 11: Uso do meio – Lauril
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

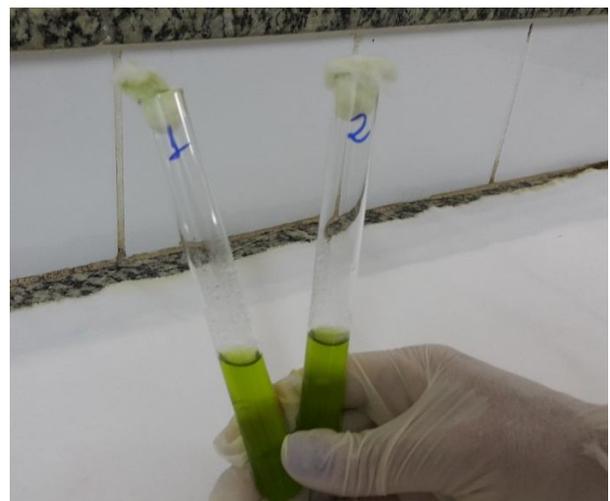


Figura 12: Uso do meio –Verde brilhante
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

Nos inócuos positivos foi realizada a triplicata, três alçadas de cada tubo positivo foram replicadas em tubos de ensaio contendo 5 mL de caldo *Escherichia coli*

(E.C. Oxoid), para a confirmação de coliformes termotolerantes (CT) incubados a 45°C, por 24 horas. Após o período de incubação, foi realizada a leitura pela observação da presença de gás no tubo de Durham invertido (Figura 13).

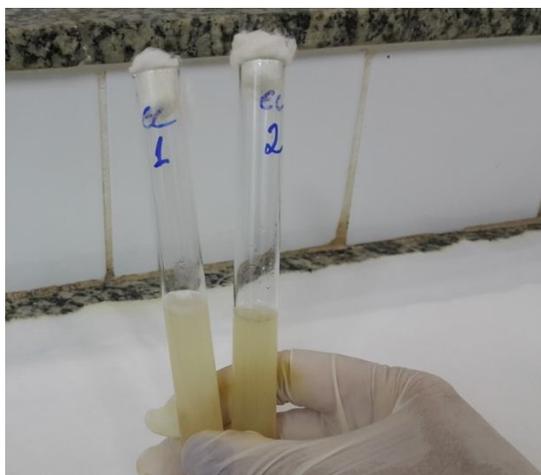


Figura 13: Uso do meio – Caldo E.C.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

A seguir, utilizou a tabela de Hoskins para determinação do Número Mais Provável (NMP), sendo calculados os NMP de coliformes totais (CT) por grama de amostra analisada.

2.4.2. Segunda etapa: Identificação dos microrganismos

As bactérias patogênicas *Escherichia coli* e *Salmonella spp* e *Pseudomonas Aeruginosa* encontradas no efluente hospitalar foram identificadas com base na aparência da colônia, coloração de Gram, crescimento em meios seletivos e testes bioquímicos de acordo com os métodos padrão para o exame de água e de efluentes desenvolvidos pela APHA (2012).

Para a identificação de mesófilos totais, *Escherichia coli* e *Salmonella spp*, alíquotas de 0,1 mL das amostras diluídas em série (de 10^{-3} a 10^{-6}) foram espalhadas em ágar MacConkey (Oxoid®), Salmonella-Shigella ágar (Oxoid®), EMB Levine ágar (Oxoid®) e ágar nutriente (Himedia®). As placas foram incubadas a 35°C durante 24-48 horas para o crescimento bacteriano, quando se procedeu à contagem das colônias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias (UFC), exceto para *Salmonella spp*, que foi avaliada pela presença ou ausência. Os isolados

foram identificados utilizando-se o sistema API 20E (Analytical Profile Index, BioMérieux) para identificação de enterobactérias. Todos os procedimentos foram realizados em triplicata.

2.4.3 Terceira etapa: ozonização

O ozônio foi produzido por meio de um gerador corona (Ozone & Life®) (Figura 14). O oxigênio puro foi suprido via cilindro de oxigênio. O gás ozônio produzido de forma constante pelo equipamento foi conduzido por um tubo de silicone para o difusor por meio de pedra porosa, gerando assim 2 ppm min.L⁻¹ (COSTA MARTINS et al., 2015). Foram retirados 100 mL da amostra I e da amostra II e expostos ao ozônio de forma direta por meio do difusor, em temperatura controlada de 25°C (PEREZ et al., 2014) e concentração 28 mg.L⁻¹.

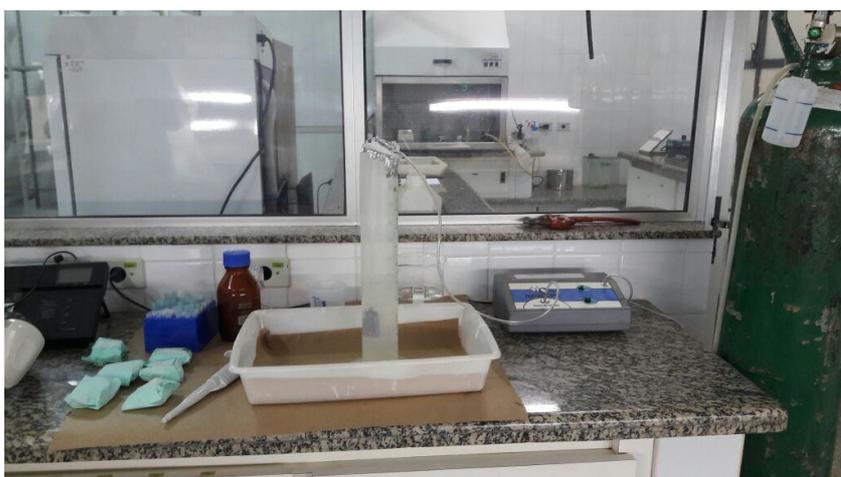


Figura 14: Produção de ozônio
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

Antes da aplicação do ozônio, foi retirado 0,1 mL de solução para verificação do número de Unidade Formadora de Colônia (UFC) dos microrganismos.

Cada efluente foi exposto ao ozônio por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Para a verificação do efeito do ozônio sobre os microrganismos, foi coletado 0,1 mL de amostra em cada intervalo. Após cada coleta, as amostras foram inoculadas em triplicatas, em meio Agar EMB e SS (OXOID®) e incubadas a 37°C por 24–48 horas. Após incubação foi verificada a eficácia do ozônio pela determinação das UFC. O

tratamento foi considerado eficaz quando não se observou crescimento de microrganismos das espécies avaliadas.

2.5. Análise de dados

1. Análise descritiva da contagem microbiana de diversos microrganismos de acordo com o local de coleta, período e tratamento antimicrobiano de ozonização.
2. Aplicação do teste de Análise de Variância com teste de comparação múltipla de Games-Howell, quando $p < 0,05$, para a comparação dos períodos de coleta em relação ao tipo de microrganismo e ao tratamento de ozonização.
3. Teste de Mann-Whitney a $p < 0,05$ para comparar a quantificação dos microrganismos de acordo com o local avaliado, tanto para os diferentes microrganismos quanto para os diferentes tratamentos de ozonização.
4. Gráficos de linha para a visualização do decréscimo da contagem microbiana decorrente do aumento do período de exposição da amostra ao ozônio.
5. Todos os testes estatísticos foram aplicados com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).
6. Software utilizado: Minitab 17 (Minitab Inc.).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados os resultados do estudo da quantificação dos microrganismos mesófilos totais, coliformes totais, coliformes termotolerantes, *E. coli* e *P. aeruginosa*, como também os resultados da ação antimicrobiana do ozônio.

A Tabela 5 evidencia os resultados da contagem microbiana de cada um dos locais avaliados nos diferentes meses de coleta, ou seja, o objetivo foi verificar se a contagem microbiana de cada um dos microrganismos, considerando o mesmo local, diferiu de forma significativa quando os meses foram comparados. Os resultados da Tabela 5 indicam a presença de diferenças significativas de microrganismos em todas as comparações realizadas, quando o mesmo local foi avaliado.

Tabela 5. Estatísticas descritivas da contagem microbiana dos locais avaliados de acordo com os meses estudados.

Microrganismo	Local	Meses de análise			Valor p ¹
		Dezembro	Janeiro	Fevereiro	
Mesófilos totais	1	2,6.10 ⁸ ±2,64.10 ⁷ ab	2,99.10 ⁸ ±9,01.10 ⁶ a	1,91.10 ⁸ ±2,25.10 ⁷ b	0,010
	2	5,33.10 ⁸ ±3,78.10 ⁷ b	6,76.10 ⁸ ±1,15.10 ⁷ a	3,7.10 ⁷ ±1,73.10 ⁶ c	<0,001
Coliformes totais	1	1,55.10 ⁷ ±8,66.10 ⁵ c	2,23.10 ⁷ ±5,77.10 ⁵ b	3,93.10 ⁷ ±1,15.10 ⁶ a	<0,001
	2	1,43.10 ⁶ ±1,15.10 ⁵ c	4,43.10 ⁷ ±1,52.10 ⁶ a	7,3.10 ⁶ ±1,73.10 ⁵ b	<0,001
Coliformes termotolerantes	1	3,33.10 ⁶ ±1,52.10 ⁵ a	4,47.10 ⁵ ±6,8.10 ³ b	3,76.10 ⁵ ±5,77.10 ³ c	<0,001
	2	2,23.10 ⁴ ±5,77.10 ² c	4,13.10 ⁵ ±5,77.10 ³ a	5,53.10 ⁴ ±1,15.10 ³ b	<0,001
<i>E. coli</i>	1	1,63.10 ⁵ ±1,15.10 ⁴ b	5,16.10 ⁴ ±2,88.10 ³ c	2,53.10 ⁵ ±5,77.10 ³ a	<0,001
	2	1,52.10 ⁴ ±2,52.10 ² a	3,36.10 ³ ±2,31.10 ² b	1,66.10 ⁴ ±5,77.10 ² a	<0,001
<i>P. aeruginosa</i>	1	-	1,23.10 ⁶ ±2,51.10 ⁵	-	-
	2	-	5,16.10 ⁴ ±1,52.10 ³	-	-

¹ Valor p referente ao teste de Análise de Variância a p<0,05. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla de Games-Howell a p<0,05.

Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório.

Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

Em relação aos mesófilos totais, em ambos os locais, a maior carga microbiana foi no mês de janeiro, diferenciando-se de forma significativa do mês de fevereiro para o local 1 (Figuras 15 e 16) e dos meses de dezembro e fevereiro para o local 2 (Figuras 17, 18, 19).

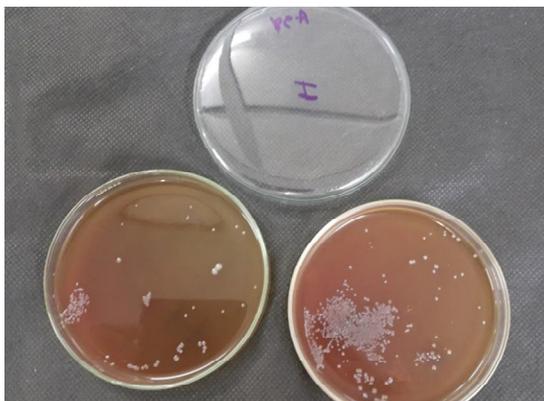


Figura 15: Amostras de mesófilos totais.
Local 1 – Janeiro.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

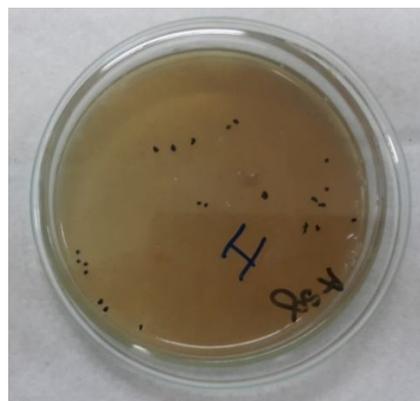


Figura 16: Amostras de mesófilos totais.
Local 1 – Fevereiro.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



Figura 17: Amostras de mesófilos totais.
Local 2 – Janeiro.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



Figura 18: Amostras de mesófilos totais.
Local 2 – Dezembro.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

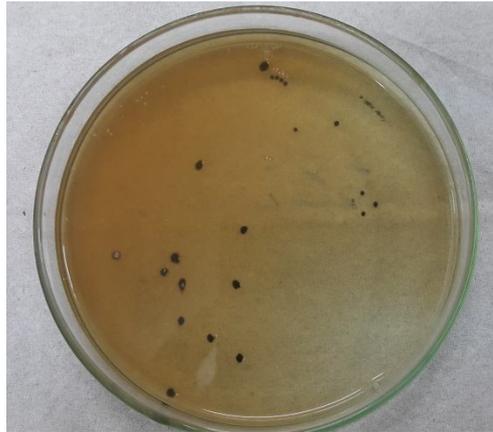


Figura 19: Amostras de mesófilos totais.
Local 2 – Fevereiro.
Fonte A autora, 2016. (Acervo pessoal)

No caso dos coliformes totais, o local 1 apresentou maior carga microbiana no mês de fevereiro, ao passo que no local 2 apresentou maior contagem desses microrganismos no mês de janeiro (Figuras 20 e 21).

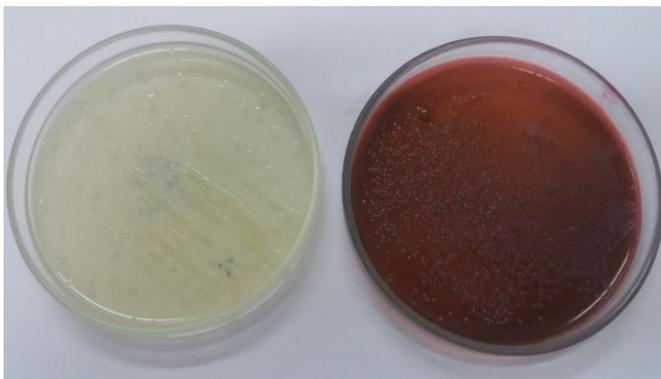


Figura 20: Amostras de coliformes totais.
Local 1 – Fevereiro.
Fonte A autora, 2016. (Acervo pessoal)

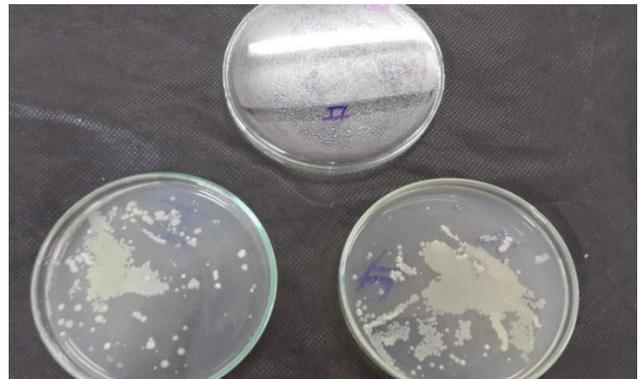


Figura 21: Amostras de coliformes totais.
Local 2 – Janeiro.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

Os coliformes termotolerantes apresentaram maiores contagens microbianas nos meses de dezembro e janeiro nos locais 1 e 2, respectivamente, (Figuras 22 e 23).



Figura 22: Amostras de coliformes termotolerantes.

Local 1 – Dezembro.

Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)



Figura 23: Amostras de coliformes termotolerantes.

Local 2 – Janeiro.

Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

Para *E. coli*, as contagens microbianas foram superiores nos meses de fevereiro em ambos os locais, conforme mostra a Figura 24; no entanto, para o local 2, não houve diferenças significativas da contagem entre os meses de fevereiro e dezembro, sendo que esses se diferenciaram de forma significativa somente do mês de janeiro.

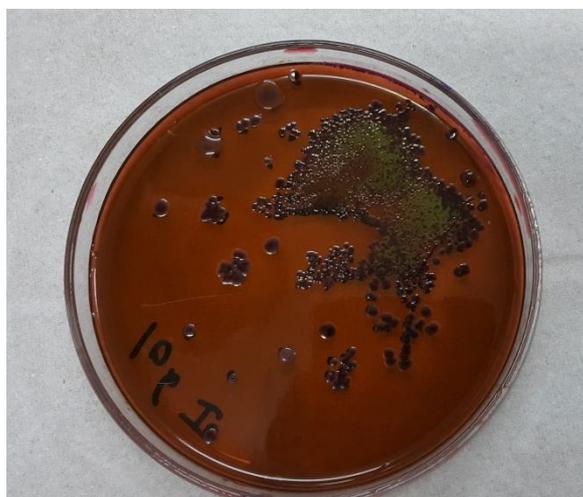


Figura 24: Amostra de *E. coli* – Fevereiro.

Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

De uma forma geral, foi possível destacar elevadas contagens de mesófilos totais, coliformes totais e coliformes termotolerantes no mês de janeiro, ao passo que *E. coli* se destacou no mês de fevereiro. Além disso, os resultados sugerem que há diferenças estatisticamente significativas entre os meses de análise para todos os

microrganismos avaliados, evidenciando que, dependendo do mês de coleta, a contagem microbiana pode variar significativamente.

As Figuras 25 e 26 mostram a distribuição dos intervalos de confiança para a média da quantificação de cada um dos microrganismos de acordo com os locais 1 e 2, respectivamente.

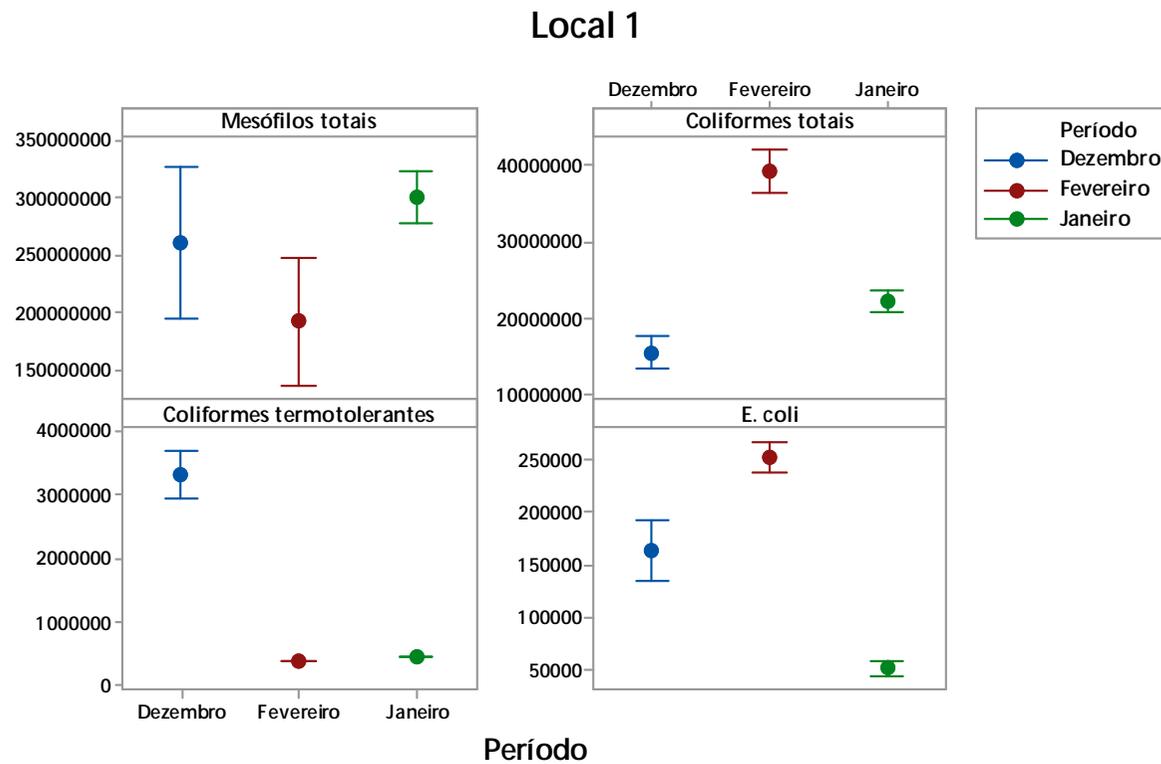


Figura 25: Distribuição da contagem microbiana de acordo com os meses avaliados para cada um dos microrganismos:
Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório.

Local 2

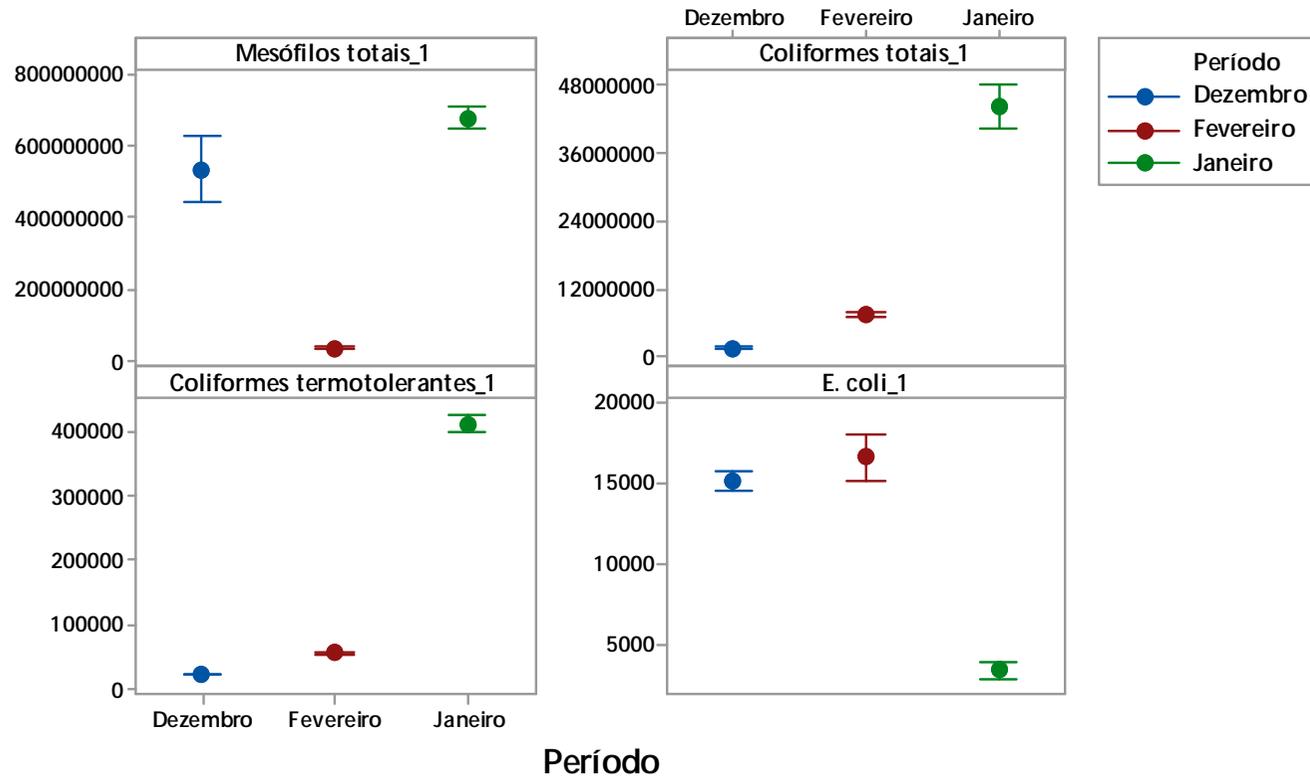


Figura 26: Distribuição da contagem microbiana de acordo com os meses avaliados para cada um dos microrganismos:
Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

Várias pesquisas demonstraram a presença de coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* em efluentes hospitalares, domiciliares, industriais, agrícolas, entre outros (BERGE et al., 2008; ABREU et al., 2010; GALVIN et al., 2010; AMAYA et al.; 2012, FEKADU et al., 2015), confirmando os resultados encontrados neste trabalho.

Estudos realizados por Fekadu et al. (2015) em dois hospitais do sul da Etiopia evidenciaram que as águas residuais de ambos os hospitais continham bactérias patogênicas, das espécies *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* e *Staphylococcus aureus*, e potencialmente patogênicas identificadas como *Escherichia coli*. Além disso, este estudo revelou que os dois efluentes hospitalares continham bactérias resistentes aos antibióticos que foram liberados para os corpos de água receptores, o que representou uma ameaça para a saúde pública. Esses autores afirmam que nos hospitais são utilizadas grandes quantidades de antimicrobianos para o cuidado dos pacientes. Como os antibióticos são parcialmente metabolizados e os residuais atingem os efluentes dos hospitais, expondo as bactérias a uma ampla gama de biocidas, podem atuar como pressão seletiva para o desenvolvimento de resistência.

Os resultados obtidos por Amaya et al. (2012), ao avaliarem a qualidade sanitária de diferentes fontes de água na cidade de León (Nicaragua), evidenciaram que os isolados de *E. coli* obtidos do efluente hospitalar apresentaram maiores níveis de resistência aos antibióticos em comparação com os isolados de *E. coli* de outras amostras aquáticas. Esses autores afirmam que as águas residuais não tratadas são consideradas perigosas para a saúde e potencial vetor de doenças infecciosas transmitidas pela água.

A Tabela 6 mostra os resultados da quantificação de cada um dos microrganismos avaliados comparando os locais estudados.

Tabela 6. Estatísticas descritivas da quantificação de cada um dos microrganismos, comparando os locais avaliados.

Microrganismo	Local			Valor p ¹
	n	1	2	
Mesófilos totais	9	$2,5.10^8 \pm 5,0.10^7$	$4,15.10^8 \pm 2,91.10^8$	0,250
Coliformes totais	9	$2,57.10^7 \pm 1,06.10^7$	$1,76.10^7 \pm 2,01.10^7$	0,249
C. termotolerantes	9	$1,38.10^6 \pm 1,46.10^6$	$1,63.10^5 \pm 1,87.10^5$	0,006
<i>E. coli</i>	9	$1,56.10^5 \pm 8,77.10^4$	$1,17.10^4 \pm 6,33.10^3$	<0,001
<i>P. aeruginosa</i>	3	$1,23.10^6 \pm 2,51.10^5$	$5,16.10^4 \pm 1,52.10^3$	0,081

¹ Valor p referente ao teste de Mann-Whitney a $p < 0,05$.

Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório.

Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

De acordo com os resultados da Tabela 6, é possível observar a ausência de diferenças significativas na quantificação dos mesófilos totais ($p=0,250$), coliformes totais ($p=0,249$) e *P. aeruginosa* ($p=0,081$) quando os locais 1 e 2 foram comparados; entretanto, no caso dos coliformes termotolerantes ($p=0,006$) e *E. coli* ($p < 0,001$), as diferenças observadas foram significativas, sugerindo contagem inferior para o local 2 (hemodiálise, cozinha e lavanderia) em ambos os casos. As Figuras 27 e 28 mostram os intervalos de confiança da distribuição da contagem dos coliformes termotolerantes e da *E. coli* para os locais 1 e 2, respectivamente.

A não sobreposição dos intervalos de confiança para as médias da contagem dos microrganismos avaliados reitera a presença de diferenças significativas da quantificação microbiana entre os locais 1 e 2.

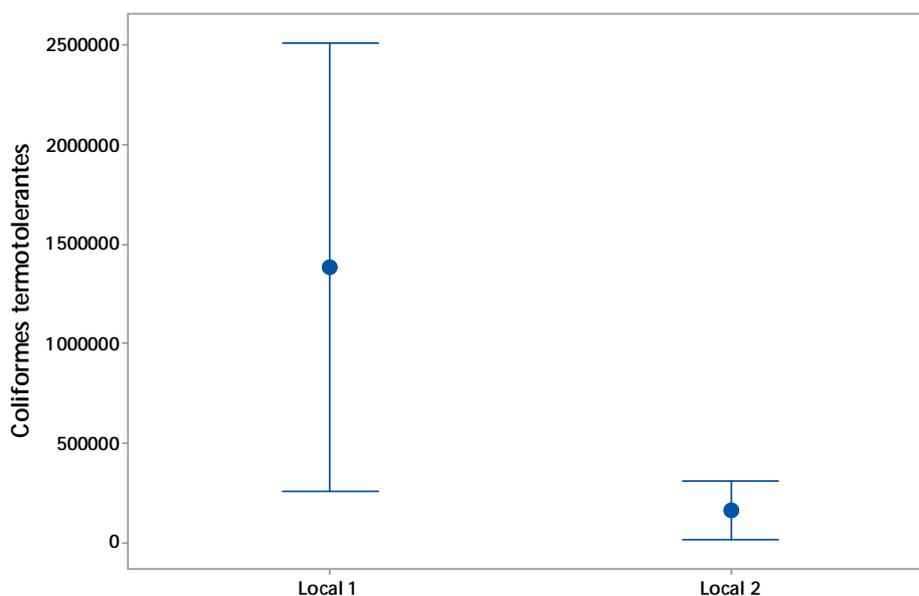


Figura 27: Intervalos de confiança para a contagem dos coliformes termotolerantes para os locais: Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório. Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

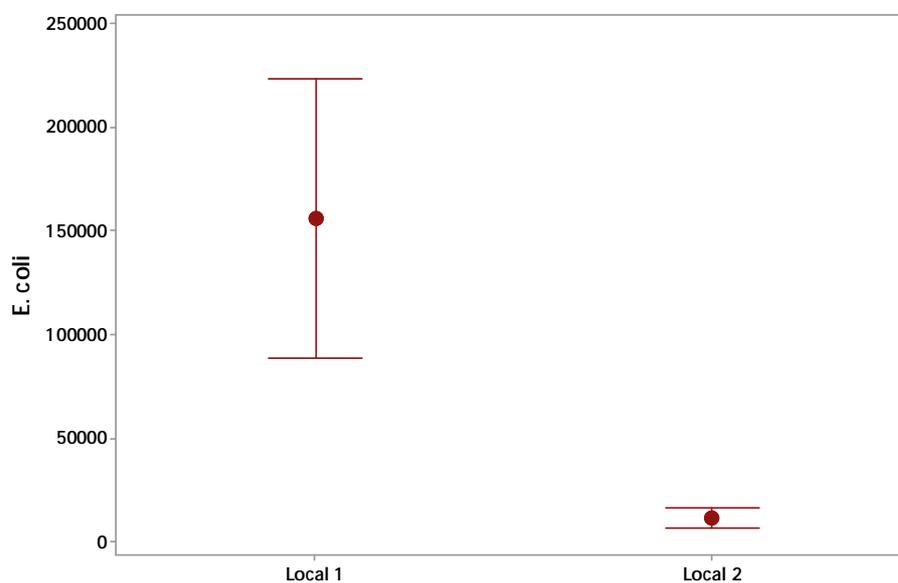


Figura 28: Intervalos de confiança para a contagem da E. coli para os locais: Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório. Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

Como análise adicional, a presença do microrganismo *Salmonella spp.* também foi avaliada em ambos os locais ao longo do período de três meses de coleta

do estudo. De acordo com os resultados obtidos, nos três meses avaliados, houve presença de *Salmonella spp.* em ambos os locais, não havendo, em nenhum caso, ausência do mencionado microrganismo. Sendo assim, o esgoto hospitalar tanto do local 1 como do local 2 apresentaram resultado positivo para *Salmonella spp.*, como mostra a Figura 29.



Figura 29: Amostra *Salmonella*.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

A presença de bactérias patogênicas nos efluentes hospitalares e o impacto na saúde pública da liberação de bactérias resistentes para o ambiente receptor envolvem uma série de aspectos a serem considerados. Em primeiro lugar, se as bactérias resistentes estão transportando um gene transmissível, elas podem transferir esses genes de resistência para outras bactérias da comunidade, de modo que a infecção causada por essas bactérias é geralmente difícil de tratar, e diminui o pool de antibióticos para o tratamento de infecções bacterianas (CHAGAS, 2011).

Em segundo lugar, esse organismo pode atuar como vetor ou reservatório de genes resistentes (GALVIN et al., 2010; AMAYA et al.; 2012, FEKADU et al., 2015). Os efluentes hospitalares, quando não tratados, são importantes contaminantes de mananciais de água potável, tanto superficiais quanto subterrâneos, e as linhagens bacterianas multirresistentes a antibióticos podem representar riscos à saúde pública se atingirem o sistema de abastecimento (VECCHIA et al., 2010).

A Tabela 7 mostra os resultados da ação antimicrobiana do ozônio ao longo dos três meses avaliados em relação aos locais de coleta. Os resultados sugerem a existência de diferenças significativas na contagem microbiana dos tratamentos com

e sem ozônio; para o tratamento sem ozônio, as maiores contagens de microrganismos foram observadas no mês de janeiro.

A partir do momento em que se iniciou o tratamento de ozonização, foi possível observar que, com 5 minutos de ozonização, o local 1 apresentou menor contagem microbiana no mês de dezembro, e o local 2 apresentou menores contagens nos meses de janeiro e fevereiro. A ação antimicrobiana do ozônio em 10 minutos surtiu efeito mais significativo na contagem microbiana do mês de fevereiro para o local 1; nesse período, a quantificação dos microrganismos foi inferior às demais determinadas para os outros meses. Para o local 2, não foi possível comparar os meses avaliados, pois a contagem microbiana referente ao mês de fevereiro não apresentou dispersão dos dados, não sendo possível aplicar o teste estatístico.

Resultado semelhante ao anterior foi possível de ser observado para o tratamento com ozônio por 15 minutos, evidenciando que o mês de fevereiro foi o que apresentou menor contagem microbiana para o local 1. Também não foi possível de ser realizado o teste estatístico no tratamento de ozonização por 15 minutos para o local 2, devido à falta de dispersão dos dados, no mês de fevereiro.

Tabela 7. Estatísticas descritivas da contagem microbiana dos locais avaliados de acordo com à ação antimicrobiana do ozônio.

Ação antimicrobiana do ozônio	Local	Meses de análise			Valor p ¹
		Dezembro	Janeiro	Fevereiro	
Sem ozônio	1	2,6.10 ⁸ ±2,64.10 ⁷ ab	2,99.10 ⁸ ±9,01.10 ⁶ a	1,91.10 ⁸ ±2,25.10 ⁷ b	0,010
	2	5,33.10 ⁸ ±3,78.10 ⁷ b	6,76.10 ⁸ ±1,15.10 ⁷ a	3,7.10 ⁷ ±1,73.10 ⁶ c	<0,001
Ozônio 5 minutos	1	1,3.10 ³ ±3,46.10 ² b	3,56.10 ³ ±5,51.10 ² a	2,93.10 ³ ±1,15.10 ² a	0,012
	2	4,0.10 ³ ±1,0.10 ³ a	1,33.10 ³ ±1,52.10 ² b	2,3.10 ³ ±1,73.10 ² b	0,004
Ozônio 10 minutos	1	1,23.10 ² ±2,5.10 ¹ a	2,7.10 ¹ ±2,0.10 ⁰ b	1,76.10 ¹ ±0,57 c	0,007
	2	1,66.10 ² ±5,77.10 ¹	1,13.10 ¹ ±0,57	1,60.10 ¹ ±0,00	- ²
Ozônio 15 minutos	1	1,33±0,57 ab	7,33±2,08 a	0,66±0,57 b	0,025
	2	5,33±0,57	1,33±0,57	1,00±0,00	- ²
Ozônio 20 minutos	1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	- ²
	2	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	- ²
Ozônio 25 minutos	1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00da	- ²
	2	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	- ²

¹ Valor p referente ao teste de Análise de Variância a p<0,05. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla de Games-Howell a p<0,05.

² Não foi possível de ser realizado Teste de comparação devido a uma ou mais variáveis apresentarem dispersão nula.

Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermaria, UTI, Centro Cirúrgico e laboratório.

Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia

Para os tratamentos com ozônio a 20 e 25 minutos, o teste estatístico não foi possível de ser realizado devido à anulação da contagem microbiana em ambos os locais e em todos os meses avaliados. Assim, a eficácia do ozônio se tornou consolidada a 20 minutos de tratamento, ou seja, a submissão do esgoto hospitalar à ozonização por 20 minutos é eficaz para anular a contagem microbiana.

Nas figuras 30 e 31 pode-se ver a comparação das amostras antes da ozonização e após 20 minutos de ozonização, respectivamente.



Figura 30: Amostra antes da ozonização.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

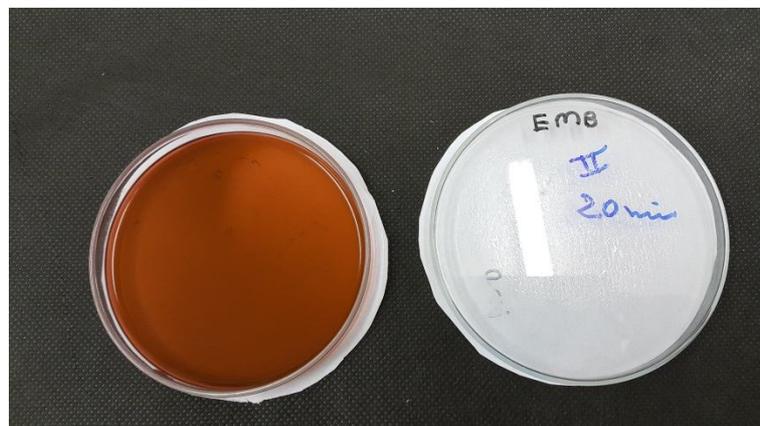


Figura 31: Amostra após 20 minutos de ozonização.
Fonte: A autora, 2016. (Acervo pessoal)

A Tabela 8 evidencia os resultados da quantificação de cada um dos microrganismos avaliados comparando os locais estudados de acordo com os tratamentos antimicrobianos utilizando ozônio.

Tabela 8. Estatísticas descritivas da carga microbiana de acordo com os tratamentos com ozônio e com os locais avaliados

Ação antimicrobiana do ozônio	n	Local		Valor p ¹
		1	2	
Sem ozônio	9	$2,5 \cdot 10^8 \pm 5,0 \cdot 10^7$	$4,15 \cdot 10^8 \pm 2,91 \cdot 10^8$	0,250
Ozônio 5 minutos	9	$2,6 \cdot 10^3 \pm 1,06 \cdot 10^3$	$2,54 \cdot 10^3 \pm 1,27 \cdot 10^3$	0,658
Ozônio 10 minutos	9	$5,6 \cdot 10^1 \pm 5,2 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10^1 \pm 8,5 \cdot 10^1$	0,289
Ozônio 15 minutos	9	$3,11 \pm 3,37$	$2,75 \pm 2,18$	0,923
Ozônio 20 minutos	9	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	- ²
Ozônio 25 minutos	9	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	- ²

¹ Valor p referente ao teste de Mann-Whitney a $p < 0,05$.

² Valor p não resultante devido à falta de dispersão.

Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermaria, UTI, Centro Cirúrgico e laboratório.

Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia

Os resultados da Tabela 8 indicam a ausência de diferenças significativas entre os locais avaliados, visto que todos os valores p resultaram superiores ao nível de significância aplicado no teste estatístico ($p > 0,05$). Além disso, é possível notar diminuição considerável da carga microbiana à medida que os microrganismos são expostos ao maior tempo com ozônio. Assim, quanto maior o tempo de exposição dos microrganismos ao ozônio, mais será a diminuição da carga microbiana. Esse resultado foi possível de ser observado tanto para o local 1 como para o local 2, como mostram as Figuras 32/33, 34/35, respectivamente.

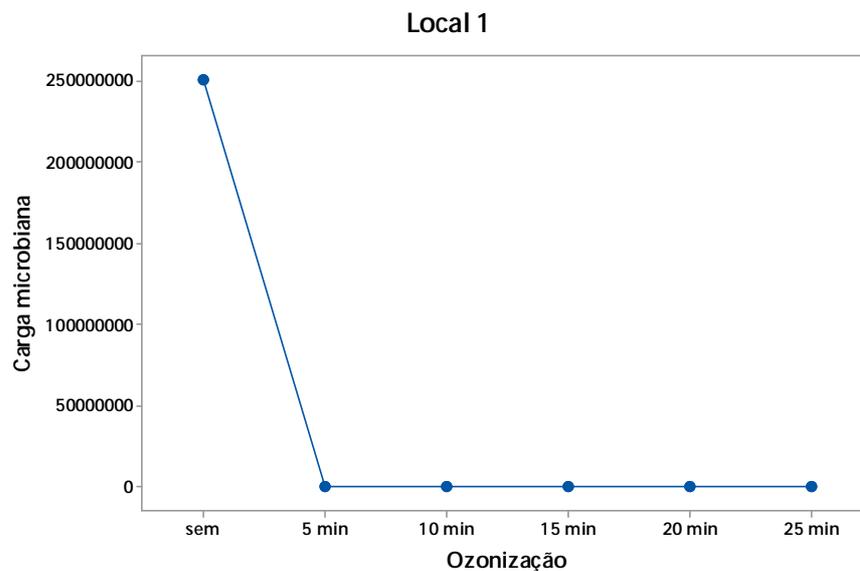


Figura 32: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio. Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório.

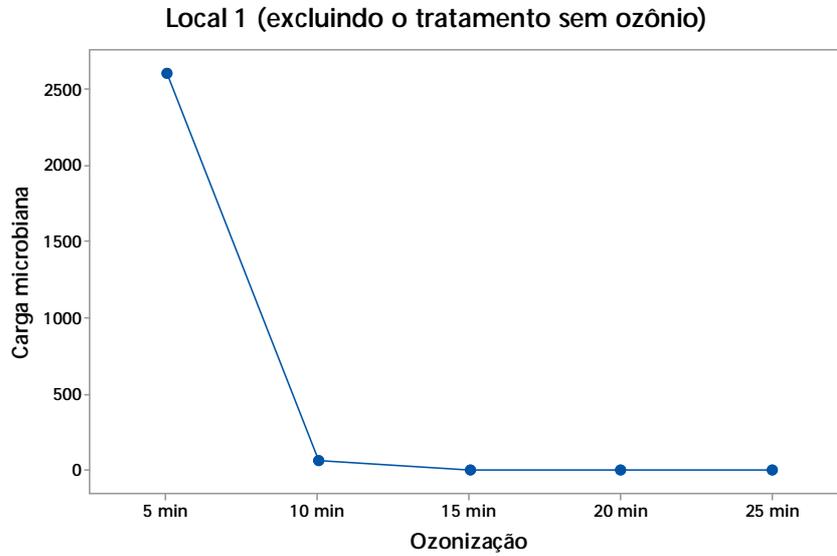


Figura 33: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio, excluindo a amostra sem ozônio.

Local 1: Pronto Socorro (PS), Enfermarias, UTI, Centro Cirúrgico e Laboratório.

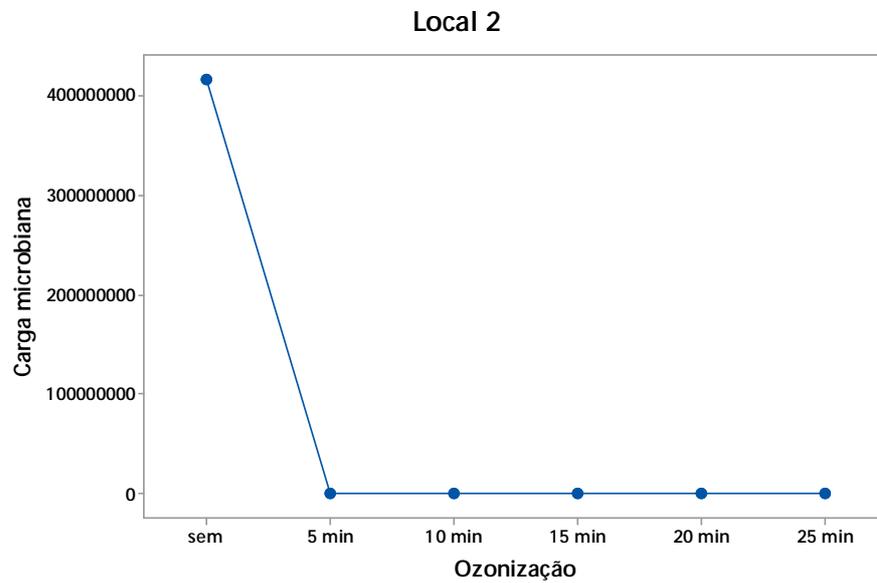


Figura 34: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio: Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

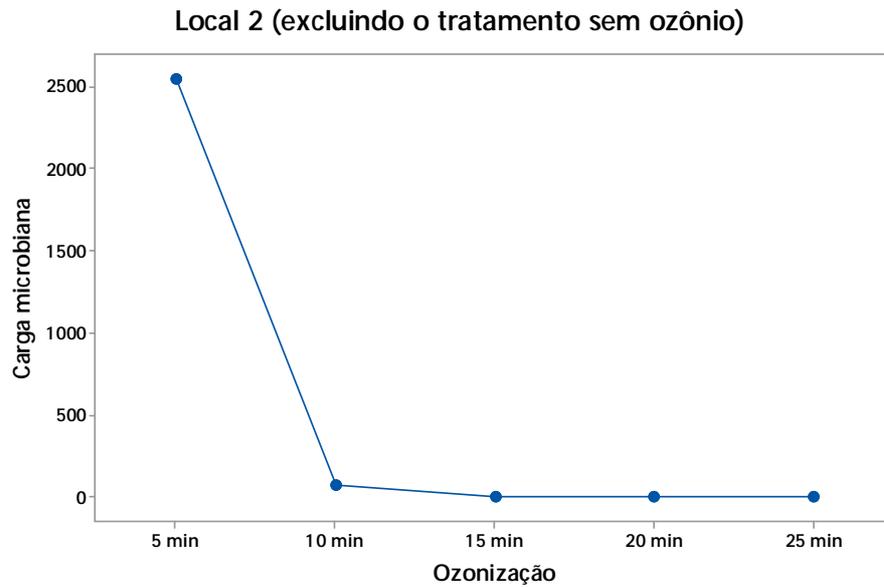


Figura 35: Gráfico de linha da contagem da carga microbiana para os tratamentos com ozônio, excluindo a amostra sem ozônio.
Local 2: Hemodiálise, Cozinha, Lavanderia e Rouparia.

Os métodos de tratamento dos efluentes hospitalares são diversos, no entanto, muitas vezes, a sua implantação se torna difícil devido às restrições financeiras ou barreiras tecnológicas (SCHMALZ et al., 2009). Muitas tecnologias de desinfecção, tais como a cloração, a luz ultravioleta (UV), a desinfecção eletroquímica (EC) e a ozonização, foram utilizadas em grandes instalações de tratamento de águas residuais.

O início da utilização do ozônio como agente antimicrobiano foi caracterizado pela necessidade de alcançar um nível mensurável de ozônio dissolvido em águas residuais tratadas, o que resultou em altas dosagens do gás que não eram economicamente viáveis. Estudos recentes apontam para a boa eficiência de desinfecção de efluentes com ozônio em baixas dosagens transferidas e tempo de contato muito curto (PARASKEV; GRAHAM, 2002; WERT et al., 2007).

Em pesquisa de avaliação da resistência de microrganismos patogênicos realizada para avaliar a ação sequencial do ozônio, radiação ultravioleta e cloro constatou-se que a ação do ozônio mostrou-se notável para melhoria da qualidade do esgoto tratado, avaliado pela diminuição das concentrações de sólidos suspensos totais, sólidos totais diferentemente do esgoto clorado no qual ocorreu o aumento nos

valores destas variáveis físico-química. A ação da radiação ultravioleta quando aplicada sequencialmente ao cloro e ozônio foi potencializada (LOURENÇÃO, 2009).

Além disso, é relatado um interesse crescente na eficiência e avaliação do ozônio, na oxidação de micropoluentes orgânicos (GAGNON et al., 2008). Nos últimos anos a utilização do ozônio como agente desinfetante tem-se intensificado em função da sua alta atividade oxidativa. O efeito germicida do ozônio consiste em destruir total ou parcialmente a parede celular, resultando em lise de microrganismos. Além disso, a quebra pelo ozônio de ligações de nitrogênio-carbono entre açúcar e bases, ligações de hidrogênio de DNA, bem como ligações de açúcar fosfato levam a despolimerização e vazamento de constituintes celulares e inibição enzimática irreversível (YASAR et al., 2007).

Quando avaliado em pesquisa o potencial tóxico do ozônio e cloro em microrganismos de esgoto doméstico, foi observado que o cloro apresenta potencial mais deletério que o ozônio, contrapondo com outros estudos que detectaram concentrações de formaldeído abaixo dos níveis permissíveis de acordo com a OMS (900,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$) e normas australianas (500,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$) para águas de abastecimento. (COSTA, 2007; SILVA et al, 2015).

A atividade de desinfecção pelo ozônio ocorre por meio de dois mecanismos: um pela oxidação direta de compostos pela molécula de ozônio e outro pela reação envolvendo os produtos radicais da decomposição do ozônio, principalmente acredita-se ser o radical hidroxila. Esse radical é altamente reativo e tem uma vida útil de apenas alguns microsegundos na água. A reação predominante dependerá das características das águas residuais (YASAR et al., 2007).

Segundo Silva (2010), o emprego do ozônio pode aumentar também a concentração de oxigênio na água, reduzir matéria orgânica, oxidar a amônia, remover a cor, os nutrientes e os sólidos em suspensão.

De acordo com Vechia et al. (2010), do universo de hospitais pesquisados, uma pequena minoria é dotada de estações de tratamento de esgoto; a ausência do tratamento desses efluentes possibilita disseminação de microrganismos patogênicos do ambiente hospitalar para diferentes matrizes aquáticas, o que representa riscos à saúde pública.

As amostras analisadas nesta pesquisa comprovam a presença de diversos microrganismos patogênicos, demonstrando a importância do gerenciamento do

monitoramento e da destinação adequada dos efluentes hospitalares, uma vez que estes podem atingir e contaminar uma maior área geográfica.

As possibilidades de tratamento existentes dos efluentes hospitalares não devem ser desconsideradas, pois, com a redução da carga microbiana, os efluentes poderão causar menor impacto quando descartados no sistema de esgotamento urbano.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, as normatizações referentes às questões do meio ambiente sofreram grande avanço nos últimos anos e propiciaram a formação de uma nova consciência ambiental por parte das instituições e estabelecimentos de saúde.

O Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS), quando implantado, baseia-se nas orientações de órgãos competentes que definem as ações de gerenciamento, sendo tal documento objeto de licenciamento ambiental.

As diretrizes são claramente definidas quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos do serviço de saúde, porém, a produção de resíduos líquidos ainda carece de normatizações específicas.

O hospital estudado na presente pesquisa possui gerenciamento ambiental voltado para a produção dos resíduos sólidos envolvendo todas as etapas preconizadas, todavia, quanto aos efluentes líquidos, as ações de controle e tratamento não foram implantadas até o momento.

Os efluentes hospitalares apresentam condições de sobrevivência e reprodução aos microrganismos patogênicos conforme apresentado nesta pesquisa, portanto a necessidade de melhorias no gerenciamento com relação a esses resíduos é fundamental.

Os resultados sugerem que o efluente hospitalar compreende um objeto de análise com ampla diversidade de microrganismos patogênicos com possibilidades de chegarem aos corpos hídricos provocando impactos ao meio ambiente.

Torna-se necessário o aprofundamento e a ampliação dos estudos sobre o tema, sendo relevante que outros métodos de tratamento do efluente hospitalar sejam avaliados, para analisar sua eficácia como alternativa na redução e prevenção da disseminação de bactérias multirresistentes.

Diante da relevância do tema e considerando os resultados encontrados nas poucas amostragens desta pesquisa, conclui-se ser importante levar o presente trabalho ao conhecimento da instituição para alertar, conscientizar e propor medidas acerca da necessidade de se realizar o gerenciamento e tratamento desses resíduos líquidos.

5. CONCLUSÕES

Pela metodologia empregada e os resultados obtidos conclui-se que:

- A coleta do efluente hospitalar em ambos os locais apresentaram parâmetros físicos com características de cor turva com predomínio da cor avermelhada para o local II, devido a provável presença de substância sanguinolenta oriundo da hemodiálise e presença de detritos em suspensão com intenso processo de decomposição da matéria orgânica e odor fétido para ambos os pontos.

- O efluente hospitalar apresentou contaminação por mesófilos totais coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* e *Salmonella spp*;

- O Local I onde o efluente é oriundo do Pronto Socorro, Enfermarias, Unidade de Terapia Intensiva, Laboratório e Centro Cirúrgico, apresentou maior contaminação referente aos microrganismos Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. do que o local II - Cozinha, Lavanderia e Hemodiálise.

- O ozônio foi eficaz na descontaminação do efluente hospitalar, sendo necessários 20 minutos para eliminação da carga bacteriana das bactérias avaliadas, mesófilos, totais coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* e *Salmonella spp*;

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004, 2004. 71p. Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFRNMAB/nbr-10004-residuos-solidos-classificacao>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- _____. NBR 12807/1993. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-12.807-Residuos-de-Servi%C3%A7os-de-sa%C3%BAde.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2016.
- _____. NBR 9648. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ABREU, E.T. et al. Avaliação da resistência a antibióticos de bactérias isoladas de efluente hospitalar. *Acta Scientiarum. Technology*. Maringá, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2010. DOI: 10.4025/actascitechnol.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. *Biologia dos organismos*. São Paulo: Moderna, 2004.
- AMAYA, E.; REYES, D.; PANIAGUA, M.; CALDERÓN, S.; RASHID, M.-U.; COLQUE, P.; KÜHN, I.; MÖLLBY, R.; WEINTRAUB, A.; NORD, C.E. Antibiotic resistance patterns of *Escherichia coli* isolates from different aquatic environmental sources in Leon, Nicaragua., v: 18 , n.9 , 2012, E347 - E354. doi.org/10.1111/j.1469-0691.2012.03930.x.
- APHA-American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater* (22nd Ed.). Washington, DC: American Public Health Association. (2012).
- BAIRD, C. *Química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 331p.
- BASSANI, L. *Desinfecção de efluente sanitário por ozônio: parâmetros operacionais e avaliação econômica*. 2003. 95f. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- BENN, F.R.; McAuliffe C.A. *Química e poluição* - Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos; São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1981. Cap 1,3.

BERGE, A.C.B.; DUEGER, E.L.; SISCHO, W.M. Comparison of Salmonella enterica serovar distribution and antibiotic resistance patterns in wastewater at municipal water treatment plants in two California cities. *Journal of Applied Microbiology*, v.101, 2006, p.1309-1316.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Ministério da Saúde. Portaria no 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.aeap.org.br/doc/portaria_518_de_25_de_marco_2004.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2016.

_____. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_saneam.pdf>. Acesso em: 20 Jul. 2016.

_____. Lei n. 11445, de 5 de janeiro de 2007. Lei Federal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, 05 de janeiro de 2007. Brasília: DOU, 2007.

_____. Fundação Nacional de Saúde. Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010. 246p. Disponível em: <funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/estudospesquisas_coletaseletiva.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2016.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 28 p. (Série E. Legislação em Saúde). Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BROOKS, G. F. et al. Microbiologia Médica. 25. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 251p.

CALIJURI, M. L. et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.14. n. 1, p. 19-28,

2009.

CARDOSO, F.D.; IDE, A. H.; DOS SANTOS, M.M.; AZEVEDO, J.C.R. Tratamento anaeróbio de esgotos: avaliação da eficiência da remoção de estrogênios. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y Practica*, v.9, n.2, 2016, p. 183-199.

CAVALCANTE, D. A avaliação do tratamento com água ozonizada para higienização de alface (*Lactuca sativa*). 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CHAGAS, T P G. Detecção de bactérias multirresistentes ao antimicrobianos em esgoto hospitalar no Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical) – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2011. 129p.

CONAMA - Resolução CONAMA n. 358, de 29 de abril de 2005. Diário Oficial da União, n. 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, p. 63-65. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

CONAMA – Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 18/03/2005, p. 58-63. Brasília: DOU, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2016.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Esgoto Sanitário, processos de tratamento. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/esgotamento-sanitario/processos-de-tratamento>. Acesso em: 20 ago. 2016

COSTA, J B da. Avaliação ecotoxicológica de efluentes de tratamento secundário de esgoto sanitário após desinfecção com ácido peracético, cloro, ozônio e radiação ultravioleta. 2007. 178p. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

COSTA MARTINS, C.; KOZUSNY-ANDREANI, D.I.; MENDES, E.C.B. Ozônio no controle de micro-organismos em resíduos de serviços de saúde. *Revista Baiana de Enfermagem*, v. 29, n. 4, 2015, p. 318-327.

COSTA, W. M.; FONSECA, M. C. G. A importância do gerenciamento dos resíduos hospitalares e seus aspectos positivos para o meio ambiente. *Hygeia – Revista brasileira de geografia Médica e da Saúde*, v. 5, n. 9, p. 12-31, 2009. ISSN: 1980-1726. Disponível em: <www.hygeia.ig.ufu.br/>. Acessado em 13 jul. 2016.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2008. 182p.

FEKADU, S.; MERID, Y.; BEYENE, H.; TESHOME, W. GEBRE-SELASSIE, S. Assessment of antibiotic- and disinfectant-resistant bacteria in hospital wastewater, south Ethiopia: a cross-sectional study *The Journal of Infection in Developing Countries*, v. 9, n.2, 2015, p. 149-156. doi:10.3855/jidc.4808.

FUENTEFRIA, D. B. et al. *Pseudomonas aeruginosa*: disseminação de resistência antimicrobiana em efluente hospitalar e água superficial. *Revista Sociedade Brasileira Medicina Tropical*, v. 4, n. 5, p. 470-3, 2008

GAGNON, C.; LAJEUNESSE, A.; CEJKA, P.; GAGNÉ, F.; HAUSLER, R. (2008). Degradation of Selected acidic and neutral pharmaceutical products in a primary treated wastewater by disinfection processes. *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association*, v. 30, n. 5, 2008, p. 387-392.

GALVIN, S.; BOYLE, F.; HICKEY, P.; VELLINGA, A.; MORRIS, D.; CORMICAN, M. Enumeration and characterization of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* bacteria in effluent from municipal, hospital, and secondary treatment facility sources. *Applied and Environmental Microbiology*, v.76, n.14, 2010, p.4772-4779.

GONÇALVES, D. C. et al. Detecção de metalo-beta-lactamase em *Pseudomonas aeruginosa* isoladas de pacientes hospitalizados em Goiânia, Estado de Goiás. *Rev Soc Bras Med Trop*, v. 42, n. 4, p. 411-4, 2009.

GUIMARÃES, C e S. Saneamento básico. IT 179, n. 3. p. 1-7, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acessado em: 04 out. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=317020>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

JAY, J. M. *Microbiologia de alimentos*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2005, 711p.

LACET, C M et al. *Salmonella peritonitis* in a patient on automated peritoneal dialysis. *Jornal Brasileiro Nefrologia*. v. 34, n. 1, p. 76-77, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-28002012000100012&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-28002012000100012>>. Acesso em: 02 set. 2016.

LINS, G A. Impactos ambientais em estações de tratamento de esgoto (ETEs). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LOBATO, C L et al. Análises espaciais na identificação das áreas de risco para a esquistossomose mansônica no município de Lauro de Freitas. *Caderno Saúde Pública*, Bahia, Brasil, 2011.

LOURENÇÃO, J . Avaliação da Resistência de Microrganismos Patogênicos à desinfecção sequencial com ozônio-radiação ultravioleta e cloro-radiação ultravioleta. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade Estadual de São Carlos, São Carlos, 2009.

MEDEIROS, S B. Química ambiental. *Química Ambiental M488q*, rev. ampl. Recife, 2005. 122 p.

MILARÉ, E. Direito do ambiente. A gestão ambiental em foco. Doutrina jurisprudência, glossário. 5. ad. atual. ampl. *Revista dos Tribunais*, 2013.

MINAS GERAIS (estado). Decreto n. 46.937, de 21 de janeiro de 2016. Delega aos municípios a competência para promover o licenciamento e a fiscalização ambiental de atividades e empreendimentos poluidores. *Diário do Executivo*, 22 jan. 2016b.

_____. Lei n. 21.972, de 21 de janeiro de 2016. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Diário do Executivo*, 22 jan. 2016a. Cap. I.

MURRAY, P. R. et al. *Microbiologia médica*. 4. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2009.

OLIVEIRA, S M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 347-357, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000400011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 jul. 2016.

OMS/UNICEF – Organização Mundial da Saúde/Fundo das Nações Unidas para a Infância e Adolescência. Relatório do ano de 2000. Disponível em: <www.unicef.org/brazil>. Acesso em: 20 jul. 2016.

ONU - Organização das Nações Unidas. Falta de água potável em 1,1 bilhão no mundo. Paris, 2006. Disponível em: <http://www.onu-Brasil.org.br/view_news.php?id>. Acesso em: 10 jul.2016.

PARASKEV, A. P.; GRAHAM, N. Ozonation of municipal wastewater effluents. *Water Environment Research*, v. 74, n. 6, p. 569-81, 2002.

PAULO, G. Microbiota. Campinas: UNICAMPI, s.d. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Aval_Conhec_Cap2.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

PÉREZ, A., POZNYAK, T., CHAIREZ, I. Microorganism inactivation by ozone dissolved in aqueous solution: a kinetic study based on bacterial culture lipid unsaturation. *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association*, v: 36, 2014, p. 1–8.

PEZZI, E. O uso do ozônio como sanitizante em pós colheita de produtos agrícolas. 2009. 37p. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21619/000736482.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 set. 2016.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 2. reimpr. Barueri, SP: Manole, 2010.

PHILIPPI JÚNIOR, A; PELICIONE, M C F (Eds.). Educação ambiental e sustentabilidade. 2. ed. rev. atual. Barueri, SP: Manole, 2014. (Coleção ambiental, v.14). ISBN 978-85-3200-6.

PINTO, N O; HERMES, Luiz Carlos. Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do Semiárido do Brasil. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2006. ISSN 1516-4691.

PROPOSTAS de revisão da RDC 357/2005 do Subgrupo Lançamento de Efluentes de Serviços de Saúde – LESS. Grupo de Trabalho sobre Lançamento de Efluente

[on line]. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf>. Acesso em: 04 out. 2016.

Ribeiro J W, Rooke J M S. Saneamento Básico e sua Relação com o Meio Ambiente e a Saúde Pública. Faculdade de Engenharia da UFJF. Juiz de fora, 2010.

Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf>>. Acesso: 24 jun 2016.

SCHMALZ, V., DITTMAR, T., HAAKEN, D., WORCH, E. Electrochemical disinfection of biologically treated wastewater from small treatment systems by using borondoped diamond (BDD) electrodes - contribution for direct reuse of domestic wastewater. *Water Research*. v.43, n.20, 2009, 5260e5266.

SIGMA. Portal do Saneamento Básico. Disponível em:

<www.saneamentobasico.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2016.

Silva G H R, Daniel L A. Desinfecção de efluente anaeróbio com o uso de ozônio/cloro. *Engenharia Sanitária Ambiental* 2015; (20) n.2: 279-288.

SILVA JÚNIOR, S A. Perfil de resistência de *Pseudomonas aeruginosa* provenientes de água superficial e efluente hospitalar: teste de sensibilidade a antimicrobianos e detecção de metalo- β -lactamase. *Revista Brasileira de Pesquisa e Saúde*, Vitória, v. 16, n. 4, p. 97-104, 2014.

SILVA, N. et al. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010. 624p.

SILVA, S. B. et al. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Ciências Agrárias*, v. 32, p. 659-682, 2011. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n4/1415-4366-rbeaa-19-04-0369.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

TORTORA, G J., FUNK. *Microbiologia*, v.8, Cap 5, ed. Porto Alegre, 2005. Artmed. ISBN 978-85-3630488-5.

TRABULSI, L. R. *Microbiologia*, v.4, Cap. 3, São Paulo: Atheneu. 2005

UBERLÂNDIA, MG (cidade). Previsões do tempo para as cidades. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/5517>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

_____. Secretaria Municipal de Saneamento Básico do Município de Uberlândia. Banco de Dados Integrados de Uberlândia – SEPLAN, 2015, v. III, 2014. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/14235.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.

_____. Sociedade Brasileira de Química. Ozônio, O₃, 2016. Disponível em: <http://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=nChqVZHdG39G6iohleP1mu-nbz5LptCS6fZZqoMHRGrrYbQfu_MqohMSHLLmdjNJHRMz9YCI5F9Zi8ar3gtcTA==>> Acesso: 30 Ago. 2016.

UFU – Universidade Federal de Uberlândia. Hospital de Clínicas de Uberlândia. Gestão de Informações Hospitalares. Setor de Estatísticas e Informações Hospitalares. UFU (SEIH/GIH/HCU), 2016.

VECCHIA, A. D. et al. Diagnóstico sobre a situação do tratamento do esgoto hospitalar no Brasil. *Revista Saúde e Ambiente*, v.10. n. 2, 2010.

VICTORINO, C J A. Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p. 16.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WERT E.; ROSARIO-ORTIS F.L.; DRURY D.D.; SNYDER S.A. Formation of oxidation by products from ozonation of wastewater. *Water Research*, v. 41, n.7, 2007, p.481-1490.

YASAR, A., AHMAD, N., KHAN, A. A. A., et al., 2007, “Decolorization of Blue CLBR dye by AOPs using bleach wastewater as source of H₂O₂”, *Journal of Environmental Sciences*, v. 19, n. 10, pp. 1183-1188.

ANEXO A - Autorização para coleta de amostras



Fernandópolis, 19 de novembro de 2015

Ao Diretor Acadêmico do Hospital de Clínicas

Universidade Federal de Uberlândia

Dr Orlando Cesar Mnteso

Prezad Senhor

Pela presente solicitamos autorização para coletar amostras de efluente hospitalar, com a finalidade de desenvolver a pesquisa de Mestrado em Ciências Ambientais, intitulada ANÁLISE DOS MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS DO ESGOTO HOSPITALAR DA CIDADE DE UBERLÂNDIA – MG, a ser executada pela discente Martha Naves de Oliveira, sob a minha orientação.

Os dados obtidos farão parte da dissertação e serão publicados em periódico indexado.

Sendo o que se apresenta no momento, colocamo-nos a disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente;

Profª Dra. Dora Inês Kozusny-Andreani

Orientadora

Martha Naves de Oliveira

Discente

Se acords,

Orlando Cesar Mantese

23/11/2015

Hospital de Clínicas de Uberlândia
 Prof. Orlando César Mantese
 Diretor de Ensino e Pesquisa
 CRM-MG 23947 - CPF: 913.099.568-04