



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Kássia Karina Silva de Araújo

**A INFLUÊNCIA DO LIXÃO DESATIVADO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
ESTIVA EM MARECHAL DEODORO, ALAGOAS**

**Maceió, Alagoas
2019**

KÁSSIA KARINA SILVA DE ARAÚJO

**A INFLUÊNCIA DO LIXÃO DESATIVADO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
ESTIVA EM MARECHAL DEODORO, ALAGOAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Geografia: Dinâmica Socioambiental e Geoprocessamento.

Orientador(a): Profa. Dra. Ana Paula Lopes da Silva
Co-orientador(a): Profa. Dra. Nivaneide Alves de Melo Falcão

Maceió, Alagoas
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico Bibliotecária
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 - 661

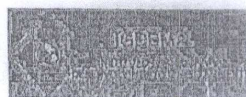
A663i Araújo, Kássia Karina Silva de.
A influência do lixão desativado na qualidade da água do rio Estiva em Marechal Deodoro, Alagoas / Kássia Karina Silva de Araújo. – 2019. 92 f. : il. color.

Orientadora: Ana Paula Lopes da Silva.
Co-orientadora: Nivaneide Alves de Melo Falcão.
Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas.
Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente. Curso de Geografia.
Maceió, 2019.

Bibliografia: f. 86-92.

1. Resíduos sólidos urbanos – Marechal Deodoro (AL). 2. Estiva, Rio (AL) – Análise da água. 3. Poluição ambiental. I. Título.

CDU: 911.2:556



PROGRAMA DE MESTRADO EM GEOGRAFIA – PPGG/UFAL
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO FINAL

Em sessão pública, no dia 28 de março de 2019, às 15h30, na Sala 104 do IGDEMA/UFAL, deu-se início à Defesa de DISSERTAÇÃO FINAL DO PROGRAMA DE MESTRADO EM GEOGRAFIA, com área de concentração em Organização do Espaço Geográfico, da aluna KÁSSIA KARINA SILVA DE ARAÚJO, orientanda da Profa. Dra. Ana Paula Lopes da Silva, intitulada: “A influência do lixão desativado na qualidade da água do Rio Estiva em Marechal Deodoro, Alagoas”, como requisito para a obtenção do título de MESTRE. A banca examinadora foi constituída pelos seguintes docentes: Profa. Dra. Ana Paula Lopes da Silva (PPGG/UFAL), presidente da banca, Prof. Dr. José Vicente Ferreira Neto (PPGG/UFAL), membro titular interno, e como convidada externa a Profa. Dra. Nélia Henriques Callado (CTEC/UFAL). Na presente instalação da banca, os docentes declaram ausência de impedimentos e de suspeições que possam lançar dúvidas sobre a imparcialidade da avaliação do(s) candidato(s). Todos declaram que não avaliaram candidatos com vínculo de parentesco consanguíneo ou por afinidade, até 3º grau. Nenhum membro da banca se declarou impedido por quaisquer outros motivos, por exemplo, o de ter amizade íntima ou inimizade notória com os candidatos que avaliou ou com os respectivos cônjuges, companheiros, parentes e afins até o terceiro grau. A defesa constituiu de uma apresentação oral de 40(quarenta) minutos, seguida de inquirições para cada um dos examinadores e das respostas, e foi assistida pelas pessoas que se fizeram presentes. Ao final, a Banca Examinadora reuniu-se reservadamente e decidiu em atribuir ao conteúdo do trabalho e à defesa a menção: Aprovado, com base no art. 63 do Regimento Interno do Curso. Nada mais havendo a tratar, deu-se por encerrada a defesa, sendo a presente ata assinada pelos componentes da Banca Examinadora.

Assinatura: Nélia Callado

Maceió, 28 de Março de 2019.

Ana Paula Lopes da Silva

Profa. Dra. Ana Paula Lopes da Silva – Presidente

José Vicente Ferreira Neto

Prof. Dr. José Vicente Ferreira Neto – Titular Interno

Nélia Callado

Profa. Dra. Nélia Henriques Callado – Titular Externo

Obs.: Caso o espaço disponível não seja suficiente, favor utilizar outra folha em branco devidamente assinada.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

KÁSSIA KARINA SILVA DE ARAÚJO, nascida em 24 de maio de 1990, na cidade de Marechal Deodoro-Alagoas, filha de Djalma de Araújo e Maria Zuleide da Silva. Concluiu o ensino fundamental na Escola Municipal Edval Lemos Santos e Ensino Médio no Colégio da Polícia Militar - Tiradentes. Graduiu-se em Gestão Ambiental (Tecnólogo) pelo Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, e em Geografia (Bacharelado) pela Universidade Federal de Alagoas, *Campus* A. C. Simões, na qual foi bolsista (CNPq) de iniciação científica PIBIC por dois anos (2013-2015). Especialista em Educação e Meio Ambiente, pelo Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro (2015-2017). Em 2017 ingressou no Mestrado em Geografia, da Universidade Federal de Alagoas, *Campus* A. C. Simões, na área Organização do Espaço Geográfico concluindo em 2019.

À Deus, pela oportunidade de completar mais um ciclo em minha vida profissional e ao meu Filho Arthur, que a cada dia me dá forças para ir além dos meus objetivos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e sempre à Deus, pelo dom da vida e determinação em alcançar meus objetivos.

Ao meu filho Arthur Araújo Morais, minha razão de viver, que me dá forças todos os dias para seguir em frente buscando sempre o meu melhor para oferecê-lo. Ele que veio no momento que eu achava importuno, mas, Deus me mostrou que ele veio na hora certa, na hora em que eu mais precisava, e me fez descobrir do que uma mãe é capaz. Hoje sou mais forte e determinada graças a ele, meu filho amado. Seguirei minha vida acadêmica sempre dedicando cada conquista a ele, porque ser mãe durante o mestrado não me limitou a nada, mas sim, me emponderou. Obrigada filho!

À minha sogra, Maria José Morais da Silva, e minha cunhada, Aline Morais, obrigada por dividir a maternidade comigo, pelo amor e carinho que vocês têm pelo meu filho e por ser meu socorro nas horas difíceis.

Aos meus familiares, pai, mãe e irmãos por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Agradeço em especial meu esposo, Alexandro Morais da Silva, que foi meu porto seguro, meu apoio durante as noites mal dormidas. Um pai e esposo super presente, que sempre me deu forças e mostrou o melhor caminho a seguir. Amo-te!

À minha amiga e companheira de laboratório, Mayara Nunes, obrigada por dividir cada experiência e descoberta, por confiar em mim e nunca me abandonar, obrigada de coração.

Aos amigos de trabalho de campo, Herval Pereira e Alisson Brito, obrigada por cada coleta mensal e pelos banhos, acidentalmente, no rio Estiva. Vocês foram essenciais.

Aos amigos geógrafos Paulo Neto, Kleyton Tavares, Lionaldo Santos e Thiago Silva. Obrigada pela elaboração dos mapas, vocês são feras e tem um futuro brilhante como geógrafos. Grata!

Às amigas que a geografia me deu, Leila Salustiano, Danúbia Lins, Elba Lira, Germana Oliveira, Junyelle Dantas, e em especial a Élide Monique Costa, que sempre esteve disposta a ajudar. Obrigada!

Aos amigos verdadeiros que sempre me apoiaram em minha caminhada acadêmica, e continuaram me apoiando na maternidade, sempre escutando meus desabafos e me dando forças, vocês é luz em minha vida. Em especial as minhas amigas Angélica Kelly Ribeiro e

Rafaela Carvalho, por nunca me abandonarem, estando sempre presente na minha vida. Amo vocês.

Ao amigo intelectual Igor Ribeiro, obrigada por abrir minha mente, sempre me orientando e mostrando os melhores caminhos da pesquisa.

Ao Laboratório de Sedimentologia Aplicada (LSA/IGDEMA/UFAL), na obrigada pela disponibilização dos equipamentos de análise de campo e apoio à pesquisa.

Ao Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA/CTEC/UFAL), obrigada por disponibilizar o espaço para as análises físico-químicas e biológicas. Agradeço em especial a Professora Nélia Callado, por disponibilizar o laboratório, confiar no meu trabalho e acreditar na pesquisa.

À minha orientadora Ana Paula Lopes da Silva, obrigada por aceitar meu convite e confiar em mim. Agradeço os puxões de orelha, sei que sempre quis o melhor pra mim. Obrigada por não ter desistido, mesmo sabendo que a maternidade poderia atrapalhar. Você também foi meu motivo para não desistir, pra mostrar que eu sou capaz. És minha inspiração.

Agradeço a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Marechal Deodoro, na pessoa do Secretário Mateus Gonzalez, por também acreditar na pesquisa, sempre apoiando e disponibilizando seus técnicos para as análises de campo e de laboratório, sem seu apoio esta pesquisa não seria possível.

Por fim, agradeço ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) por disponibilizar nossa entrada no ponto de captação de água para tratamento e no seu próprio laboratório. Obrigada por confiar na pesquisa e abrir as portas para nós.

Obrigada!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Resíduos Sólidos.....	12
2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos	13
2.2 Tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos	14
2.2.1 Aterro Sanitário.....	15
2.3 Líquido Lixiviado	16
2.4 Qualidade da água doce no Brasil.....	18
2.5 Políticas e planos dos resíduos sólidos.....	21
2.5.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos	23
2.5.2 Plano estadual dos resíduos sólidos	25
2.5.3 Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana – PIGIRS-RM	28
2.6 Parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados em água	29
2.6.1 Condutividade elétrica.....	29
2.6.2 Sólidos Totais Dissolvidos	30
2.6.3 Temperatura.....	30
2.6.4 Turbidez.....	30
2.6.5 Cor Verdadeira.....	31
2.6.6 pH.....	31
2.6.7 Nitrogênio Amoniacal	31
2.6.8 Cloreto	32
2.6.9 Ferro	32
2.6.10 Fósforo.....	33
2.6.11 Coliformes	33
2.6.12 Metais	34
2.7 Destinação final e quantificação dos resíduos sólidos urbanos de Marechal Deodoro	35
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Caracterização geral da área de estudo	37

3.2 Descrição da área de estudo	39
3.2.1 Rio Estiva	39
3.3 Mapeamento da drenagem e direcionamento do lixiviado oriundo do lixão desativado de Marechal Deodoro.....	46
3.4 Tratamento, distribuição e qualidade da água do rio Estiva para a população de Marechal Deodoro	46
3.5 Análise dos parâmetros físicos da água do rio Estiva e água tratada.....	47
3.5.1 Condutividade Elétrica, Temperatura e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	47
3.5.2 Turbidez.....	47
3.5.3 Cor verdadeira.....	48
3.6 Análise dos parâmetros químicos da água do rio Estiva e água tratada	49
3.6.1 pH.....	49
3.6.2 Nitrogênio Amoniacal	49
3.6.3 Cloreto	51
3.6.4 Ferro	53
3.6.5 Fósforo.....	54
3.7 Análise dos parâmetros biológicos da água do rio Estiva e água tratada.....	56
3.7.1 Coliformes Totais e <i>E. Colli</i>	56
3.8 Análise dos metais presentes na água do rio Estiva e na água tratada.....	58
3.9 Precipitação pluviométrica em Marechal Deodoro	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 Drenagem e direcionamento da água superficial na área do lixão	61
4.2 Qualidade da água do rio Estiva	63
4.2.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos.....	63
4.2.2 Metais	75
4.3 Tratamento e qualidade da água distribuída para a população de Marechal Deodoro	79
4.3.1 Tratamento da água do rio Estiva	79
4.3.2 Qualidade da água tratada.....	80
5 CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CELMM	Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
LQ	Limite de Quantificação
LSA/CTEC	Laboratório de Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia
LSA/IGDEMA	Laboratório de Sedimentologia Aplicada do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileiras
ONU	Organização das Nações Unidas
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PGIRS	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIGIRS	Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RM	Região Metropolitana
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEMARH	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
VMP	Valor Máximo Permitido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arranjo entre os municípios Alagoanos para elaboração dos Planos Intermunicipais.	26
Figura 2: Localização do município de Marechal Deodoro, Alagoas.	37
Figura 3: Localização do Rio Estiva em relação ao Estado de Alagoas.	39
Figura 4: Localização do rio Estiva em relação ao Lixão desativado.....	40
Figura 5: Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água.	41
Figura 6: Coleta de água no rio Estiva e água tratada.....	42
Figura 7: Ponto de coleta na nascente do rio Estiva	44
Figura 8: Ponto de coleta na Fazenda Suíça.....	44
Figura 9: Ponto de coleta na área de captação do SAAE.....	45
Figura 10: Ponto de coleta de água tratada do SAAE.....	45
Figura 11: Ponto de captação de água do rio para tratamento no SAAE.	46
Figura 12: Análise de Condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos e temperatura. .	47
Figura 13: Procedimentos para análise da turbidez.	48
Figura 14: Procedimentos para análise da cor verdadeira.....	49
Figura 15: Procedimentos para análise de Nitrogênio Amoniacal.	51
Figura 16: Procedimentos para análise de Cloreto.	53
Figura 17: Procedimentos para análise de ferro.	54
Figura 18: Procedimentos para análise de Fósforo.....	56
Figura 19: Procedimentos para análise de Coliformes.....	58
Figura 20: Declividade do talvegue do leito do rio na área de estudo.	61
Figura 21: Escoamento superficial da água na área de estudo.	62
Figura 22: Escoamento superficial do líquido lixiviado no lixão desativado, em janeiro de 2017.	62
Figura 23: Procedimento do tratamento de água do rio Estiva.	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Geração de resíduos no município de Marechal Deodoro.....	36
Gráfico 2: Precipitação mensal em Marechal Deodoro em 2018.....	60
Gráfico 3: Condutividade Elétrica na água do rio Estiva.....	66
Gráfico 4: Sólidos Totais Dissolvidos na água do rio Estiva	66
Gráfico 5: Temperatura na água do rio Estiva.....	66
Gráfico 6: Turbidez na água do rio Estiva	67
Gráfico 7: Cor verdadeira na água do rio Estiva	67
Gráfico 8: pH na água do rio Estiva.....	67
Gráfico 9: Cloreto na água do rio Estiva.....	68
Gráfico 10: Ferro na água do rio Estiva	68
Gráfico 11: Fósforo na água do rio Estiva	68
Gráfico 12: Coliformes totais na água do rio Estiva.....	69
Gráfico 13: Coliformes E. Colli na água do rio Estiva	69
Gráfico 14: Condutividade elétrica na água tratada.....	83
Gráfico 15: Sólidos Totais Dissolvidos na água tratada	84
Gráfico 16: temperatura na água tratada	84
Gráfico 17: Turbidez da água tratada.....	85
Gráfico 18: Cor verdadeira na água tratada.....	86
Gráfico 19: pH na água tratada.....	86
Gráfico 20: Cloreto na água tratada	87
Gráfico 21: Ferro na água tratada	88
Gráfico 22: Fósforo na água tratada.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos resíduos quanto ao objeto de estudo	13
Quadro 2: Consequências dos metais pesados para a humanidade.	18
Quadro 3: Efeitos da poluição e da contaminação por poluentes dos recursos hídricos.	20
Quadro 4: Classificação e qualidade da água doce no Brasil.	20
Quadro 5: Detecção das enzimas de acordo com o método de filtração em membrana.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água do rio Estiva, no período chuvoso (fevereiro a julho de 2018).	64
Tabela 2: Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água do rio Estiva, no período seco (janeiro e agosto à dezembro de 2018).	65
Tabela 3: Valores de metais encontrados na água do rio Estiva no período chuvoso	76
Tabela 4: Valores de metais encontrados na água do rio Estiva no período seco	77
Tabela 5: Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água tratada, no período chuvoso (fevereiro a julho de 2018).	81
Tabela 6: Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água tratada, no período seco (agosto a dezembro de 2018).	82
Tabela 7: Resultados da análise de metais presente na água tratada no período chuvoso.	89
Tabela 8: Resultados da análise de metais presente na água tratada no período seco.	90

RESUMO

Mesmo após seu encerramento, os lixões continuam gerando impactos ambientais no solo, no ar e nas águas subterrâneas e superficiais. Sendo assim, percebe-se a importância do monitoramento da qualidade das águas localizadas próximo à locais de descarte inadequado de RSU, não apenas como uma forma de preservação ambiental, mas também como um monitoramento preventivo da contaminação, fazendo-se um diagnóstico e prognóstico do risco de contaminação. A presente pesquisa teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água do rio Estiva, em uma área sob influência do lixão desativado de Marechal Deodoro, por associação com as substâncias encontradas na água do rio, que possam indicar possível contaminação. Tendo como objetivos específicos o mapeamento da drenagem e direcionamento do líquido lixiviado oriundo do lixão desativado de Marechal Deodoro; análise da qualidade da água do rio Estiva, através de parâmetros físico-químicos e biológicos, bem como a presença de metais em dois períodos anuais (seco e chuvoso); verificação do processo de tratamento da água do rio Estiva que é distribuída para população; e análise da qualidade da água do rio Estiva após tratamento através da análise físico-química e biológica, bem como a presença de metais em dois períodos anuais (seco e chuvoso). As coletas da água do rio e água tratada foram realizadas uma vez por mês durante o ano de 2018. Os resultados foram comparados com a Resolução 357/2005 do CONAMA e o Anexo 20 da Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Os resultados mostraram que: maior parte da água que cai sobre a área do lixão desativado tende a escorrer para o leito do rio Estiva, sendo fator determinante na interpretação dos dados; até o momento, a qualidade da água do rio Estiva não está sendo influenciada pelo lixão desativado, algumas alterações na qualidade da água do rio estão associadas ao tipo de solo e ao cultivo de cana-de-açúcar; as alterações da qualidade da água tratada, podem estar ligadas a metodologia de tratamento na ETA, principalmente no período chuvoso, no controle do pH e o uso do Sulfato de Alumínio.

Palavras-chave: Análise da Água; Contaminação Ambiental; Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

Even after their closure, landfills continue to generate environmental impacts on soil, air, and surface and groundwater. Therefore, it is important to monitor the quality of the water located near the sites of inappropriate waste disposal, not only as a form of environmental preservation, but also as a preventive monitoring of the contamination, making a diagnosis and prognosis of the risk of contamination. The present study had as aim to evaluate the water quality of the river Estiva, in an area under the influence of the decontaminated dump of Marechal Deodoro, by association with the substances found in the river water, that could indicate possible contamination. With specific objectives the mapping of the drainage and direction of the leachate liquid coming from the decontaminated dump of Marechal Deodoro; analysis of water quality of the river Estiva, through physical-chemical and biological parameters, as well as the presence of metals in two annual periods (dry and rainy); verification of the water treatment process of the river Estiva that is distributed to population; and analysis of the water quality of the Estiva River after treatment through physico-chemical and biological analysis, as well as the presence of metals in two annual periods (dry and rainy). River water and treated water were collected once a month during the year 2018. The results were compared with CONAMA Resolution 357/2005 and Annex 20 of Ministry of Health Ordinance No. 5/2017. Showed that: most of the water that falls on the area of the deactivated dump tends to flow to the bed of the river Estiva, being a determining factor in the interpretation of the data; so far, the water quality of the Estiva River is not being influenced by the deactivated dump, some changes in the water quality of the river are associated to the type of soil and to the cultivation of sugarcane; the changes in the quality of the treated water may be linked to the treatment methodology in the ETA, mainly in the rainy season, in the pH control and the use of the Aluminum Sulphate.

Keywords: Water Analysis; Environmental Contamination; Solid Waste.

::

1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos urbanos vem aumentando na mesma velocidade que o aumento populacional e a expansão dos centros urbanos. Além disso, o crescimento da produção de bens e serviços e o estímulo ao consumo contribuem ainda mais para a geração dos resíduos.

Knoerr *et al.* (2015) afirmam que diversos produtos já são fabricados com o tempo de vida determinado, ocorrendo a obsolescência dos mesmos e o estímulo à troca e obtenção de produtos pelo sistema capitalista de consumo. Ao mesmo tempo em que aumenta a geração dos resíduos, aumenta também os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado dos mesmos.

A forma mais comum de disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é em lixões, nos quais, os resíduos são descartados sobre o solo desprotegido e permanece a céu aberto, ocasionando poluição do solo, água e ar. Além da problemática ambiental, os lixões provocam impactos sociais e de saúde pública, devido à atividade de catadores de materiais recicláveis, que atuam dentro dos lixões de forma insalubre (SEABRA *et al.*, 2016).

A produção de RSU é inexaurível, uma vez que toda atividade humana produz rejeitos que precisam ser coletados, transportados e descartados corretamente. Para mitigar os impactos gerados pela disposição final dos RSU, a Lei 12.305/10 que trata sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, deu um prazo aos municípios para encerrarem as atividades dos lixões e destinar corretamente seus resíduos em aterros sanitários, ou outras formas adequadas de disposição e tratamento final dos RSU. Com o fechamento dos lixões, outra preocupação ambiental surgiu entre os pesquisadores ambientalistas e o poder público, pois a problemática ambiental volta-se à recuperação da área degradada (o lixão) e os efeitos deste no ambiente circundante.

Em Marechal Deodoro, o lixão desativado encontra-se nas proximidades de um afluente do rio Estiva que abastece parte do município, o que despertou a preocupação com este corpo hídrico, bem como subsidiou nossa problemática através do questionamento: “de que forma o antigo lixão influencia na qualidade da água do rio Estiva, em Marechal Deodoro, Alagoas?” Para responder a este questionamento, tem-se a hipótese de que a qualidade da água do rio Estiva, em Marechal Deodoro, Alagoas, é influenciada pela disposição inadequada dos resíduos sólidos (RS) que compromete a qualidade da água devido a deterioração do material disposto

no solo, o qual gera o chorume. Este líquido apresenta uma alta carga poluidora podendo conter muitos contaminantes inorgânicos e orgânicos que infiltram no solo ou escorrem para os corpos hídricos superficiais, contaminando-os. Cabe mencionar que o rio Estiva é responsável pelo abastecimento de água de parte do município, o que torna ainda mais grave o caso de sua contaminação, evidenciando a importância de seu monitoramento preventivo.

De acordo com Taveira *et al.* (2016) as águas subterrâneas são menos vulneráveis à contaminação do que as águas superficiais. As águas subterrâneas são afetadas quando o chorume alcança o lençol freático, o que vai depender, também, da localização geográfica e tipo de solo onde o lixão foi inserido. Já as águas superficiais são contaminadas através do escoamento superficial do chorume, este, quando se junta às águas pluviais transforma-se em líquido lixiviado e escorre para os corpos d'água mais próximos. Uma vez afetada, as águas subterrâneas e superficiais demandam elevados custos para sua remediação, a qual só é alcançada em longo prazo, e ainda assim, na incerteza da total recuperação do corpo hídrico contaminado.

A pesquisa se justifica pelo fato que, mesmo após o encerramento dos lixões, os mesmos continuam gerando impactos ambientais no solo, no ar e nas águas subterrâneas e superficiais, devido ao chorume produzido pela decomposição da matéria orgânica e deterioração dos materiais dispostos. Este líquido apresenta uma alta carga poluidora, contendo contaminantes orgânicos e inorgânicos. Sendo assim, percebe-se a importância do monitoramento da qualidade das águas localizadas próximo à locais de descarte inadequado de RSU, não apenas como uma forma de preservação ambiental, mas também como um monitoramento preventivo da contaminação, fazendo-se um diagnóstico e prognóstico do risco de contaminação. Como a desativação dos lixões ainda é algo que ainda está sendo realizado em muitos municípios brasileiros, o presente trabalho servirá de referência e contribuição para a academia e gestores públicos que possuem a mesma problemática.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Estiva, em uma área sob influência do lixão desativado de Marechal Deodoro, por associação com as substâncias encontradas na água do rio, que possam indicar possível contaminação. Tendo como objetivos específicos: mapear a drenagem e direcionamento do líquido lixiviado oriundo do lixão desativado de Marechal Deodoro; analisar a qualidade da água do rio Estiva, através de parâmetros físico-químicos e biológicos, bem como a presença de metais em dois períodos anuais (seco e chuvoso); verificar o processo de tratamento da água do rio Estiva que é

distribuída para população; analisar a qualidade da água do rio Estiva após tratamento através da análise físico-química e biológica, bem como a presença de metais em dois períodos anuais (seco e chuvoso).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos Sólidos

O ser humano é o animal de maior capacidade de adaptação e modificação do meio circundante. Sua capacidade de modificação alterou de forma significativa a natureza, desde os primórdios da humanidade até os dias atuais, criando um ambiente próprio (DIAS, 2011). Essa capacidade de modificação da natureza ocasionou diversos impactos, positivos e negativos, para a humanidade. Ao mesmo tempo em que facilitou a vida cotidiana com os avanços tecnológicos, o ser humano impetrou a exploração dos recursos naturais de forma intensiva, ao ponto de inibir a capacidade de regeneração dos mesmos (DETONI; ANSCHAU, 2016).

De acordo com Andrade e Ferreira (2011), um exemplo de avanço tecnológico da humanidade e seu poder de modificação do meio é a Globalização, que através dos seus processos de transformação industrial, bem como o incentivo ao consumo do sistema capitalista, somados a uma grande produção de bens e serviços, tem intensificado a geração dos resíduos sólidos, provocando impactos ambientais negativos cada vez maiores, devido ao manejo inadequado dos resíduos gerados.

De acordo com Machi (2015) a crise ambiental é um dos grandes desafios da humanidade, não só as questões em âmbito ecológico, como poluição, aquecimento global, efeito estufa, destruição de florestas, dentre outros, mas também em âmbito social, sendo problemáticas indissociáveis.

Os resíduos sólidos (aliados a exploração dos recursos naturais) presentes em todas as etapas do sistema produtivo são um dos impactos socioambientais existentes. Para Neves e Mendonça (2015), os resíduos sólidos apresentam-se como questão-chave na problematização das relações da sociedade com a natureza, do cidadão com o poder público e deste com o setor privado. Afonso *et al.* (2016) afirmam que a falta de conscientização ambiental da população só faz agravar os problemas ambientais, sendo a posição da sociedade o ponto crucial nas transformações dos sistemas produtivos, através da demanda por produtos ecologicamente corretos e sustentáveis. Para Henríquez (2014) a persistência na falta de conscientização ambiental da sociedade ocorre devido a dois fatores:

“el primero tiene que ver con la falta de una educación dirigida de forma constante a la formación de una ciudadanía responsable con el medioambiente; el segundo, con las restricciones que desmotivan e impiden a los ciudadanos poner en práctica o formar efectivamente una conducta orientada a la buena gestión de los residuos sólidos, especialmente en el ámbito doméstico” (p. 90).

Para melhor entender a problemática dos resíduos sólidos na sociedade, bem como seu reaproveitamento, reciclagem e destinação, é indispensável o conhecimento acerca da classificação e modos de disposição final dos resíduos.

2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas formas, a depender do seu objeto de estudo. Uma das classificações dos resíduos sólidos é a NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na qual os resíduos são classificados quanto ao grau de periculosidade e à origem.

A classificação quanto à origem é geralmente a mais utilizada, pois é possível reconhecer o gerador e avaliar as medidas de manejo e a responsabilidade pelo gerenciamento (LIMA, 2014). Araújo e Pimentel (2016), considerando o objeto de estudo, afirmam que a classificação dos resíduos sólidos pode ser resumida de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1 - Classificação dos resíduos quanto ao objeto de estudo

OBJETO DE ESTUDO	CLASSIFICAÇÃO			
Quanto à natureza física	Seco Molhado			
Quanto à composição química	Matéria orgânica Matéria inorgânica			
Quanto ao grau de periculosidade	Casse I		Perigosos	
	Classe II	Não Perigosos	Casse II A – Não inertes Classe II B - Inertes	
Quanto à origem	Domiciliar; Comercial; Público; De fontes especiais; Industriais; De Serviços de saúde; Cemitérios; Portos; Aeroportos; Terminais Rodoviários; Agrícolas e Radioativos.			
Quanto ao grau de biodegradabilidade	Facilmente degradáveis: materiais de origem biogênica.	Moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos.	Difícilmente degradáveis: trapos, couro, borracha e madeira.	Não - degradáveis: vidros, metal, plástico.
Quanto ao grau de Reciclagem	Reciclável	Reutilizável	Não reciclável	Compostável

Fonte: Araújo; Pimentel (2016).

2.2 Tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos

O aumento populacional nos centros urbanos, aliado ao capitalismo industrial de consumo de massa da sociedade e a obsolescência programada dos produtos, gerou um volume cada vez maior de resíduos com características distintas. Consequentemente foi surgindo uma necessidade de formas mais eficiente de coleta, transporte e destinação final desses resíduos (KNOERR *et. al*, 2015).

A célere busca em destinar os resíduos acarreta no descarte irregular dos mesmos, sem o devido processo de tratamento e destinação, no qual o objetivo acaba sendo apenas o afastamento do problema gerado (os resíduos), dos centros urbanos (SEABRA *et al*. 2016).

Uma das formas inadequadas de disposição final dos resíduos é o seu descarte em lixões. Estes se caracterizam pelo descarte dos rejeitos diretamente sob o solo sem proteção e sem cobertura. Além de causar danos ao meio ambiente, no sentido ecológico, o lixão também é um problema social, econômico e de saúde pública, pois inclui o trabalho insalubre de catadores de resíduos recicláveis e a proliferação de doenças por meio dos animais e insetos que são atraídos para o lixão (SAIANI *et al.*, 2014).

No âmbito ecológico, os lixões causam impactos negativos devido à contaminação dos solos e das águas subterrâneas causada pelo chorume e a poluição do ar devido à emissão dos gases do efeito estufa (SEABRA *et. al*, 2016). O chorume produzido pela decomposição dos resíduos orgânicos acaba infiltrando no solo e muitas vezes chega ao lençol freático contaminando-o. Da mesma forma acontece com os gases gerados pela decomposição dos resíduos, em que o principal gás gerado é o metano (CH₄). Quando o CH₄ é adicionado ao ar, se transforma em mistura de alto teor inflamável. Isso explica a combustão espontânea dos resíduos em área de lixão. No lixão este gás é liberado para a atmosfera sem nenhum tipo de tratamento ou captação.

Segundo Saiani *et al.*, (2014) para um bom tratamento e destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos é necessário sua caracterização e segregação, considerando que cada tipo de resíduo pode receber diferentes formas de acondicionamento, manutenção, coleta, transporte, tratamento e destinação.

Para a escolha do processo de tratamento dos RSU deve-se considerar, além da caracterização dos resíduos, a disponibilidade de espaço no município, a adequação à legislação

vigente, a aceitação do público envolvido e principalmente os custos diretos e indiretos para investimento e manutenção (SEABRA *et al.* 2016).

Dentre as opções de tecnologias voltadas para o tratamento e destinação final adequado dos RSU, podemos destacar: aterro sanitário, biodigestor, compostagem, incineração por combustão, gaseificação e pirólise (SAIANI *et al.*, 2014).

2.2.1 Aterro Sanitário

O aterro é considerado a forma mais adequada para a disposição final de resíduos sólidos, podendo ser Aterro Controlado ou Aterro Sanitário. Segundo a ABNT (1992) o Aterro Controlado trata-se de uma técnica de confinar o lixo sem realizar a coleta de tratamento do chorume e a coleta de queima do gás. Já no Aterro Sanitário os resíduos são depositados em valas impermeabilizadas denominadas de células, sendo coberta com material inerte, geralmente solo, e providas de drenagem de gás e chorume. O gás coletado é queimado, podendo ser aproveitado, quando em grande quantidade, para geração de energia através de um Biogás, e o chorume é tratado.

No Brasil, o número de municípios que encerraram seus lixões e passaram a depositar seus Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em aterros sanitários vem crescendo a cada ano. Em 2015, das 72,5 milhões de toneladas de resíduos coletados no Brasil, 42,6 milhões de toneladas, ou 58,7%, foram depositados em aterros sanitários (ABRELPE, 2016).

As vantagens dos aterros sanitários são:

- Domínio da tecnologia para construção e manutenção;
- Retenção da emissão de gases do efeito estufa e possibilidade de recuperação energética a partir do biogás e da venda de créditos de carbono;
- Retenção e encaminhamento do chorume para tratamento;
- Minimização dos riscos à saúde pública causados pelos próprios resíduos e animais que circulam os lixões;
- Redução da presença de catadores no local;
- Decomposição controlada dos resíduos (SAIANI *et al.*, 2014).

As desvantagens dos aterros sanitários são:

- Alto valor de investimento com as obras e os equipamentos envolvidos, necessidade de grandes espaços públicos;

- Grandes gastos públicos com a logística envolvida no processo, tendo em vista a distância do aterro sanitário para os centros urbanos;
- Demora no processo de tratamento e baixa redução do volume em curto e médio prazo;
- Custos com a operação durante todo o processo de compactação dos resíduos, cobertura com solo e com monitoramento (SAIANI *et al.*, 2014).

2.3 Líquido Lixiviado

Nos aterros sanitários um dos grandes problemas encontrados está relacionado com a produção e destinação do chorume, que é um líquido gerado a partir da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, possui uma cor escura e turva e odor desagradável (RIGUETTI *et al.*, 2015).

Segundo Kuhn e Reisdorfer (2015) o chorume origina-se da decomposição anaeróbia dos resíduos depositados nos aterros sanitários, realizada por organismos que se alimentam de materiais orgânicos, somado a água da chuva que penetra no aterro, resulta em um líquido denominado lixiviado. Nele encontram-se substâncias tóxicas que podem provocar danos ambientais tanto no solo quanto nas águas superficiais e subterrâneas (TAVEIRA, 2012).

Quando há precipitação sobre as células de resíduos no aterro sanitário, parte da água escoar superficialmente e outra parte acumula-se no solo e infiltra. Em caso de lixão, esta água passa pelos resíduos e se junta ao chorume, aumentando seu volume, até chegar ao lençol freático, contaminando as águas subterrâneas. Quando não infiltra o lixiviado escoar pela superfície, acompanhando a topografia e contaminando o solo e as águas superficiais (SAIANI *et al.*, 2014).

De acordo com Rigueti *et al.* (2015) a grande dificuldade no tratamento do chorume deve-se ao fato dele ter composição química muito complexa. Ela pode variar de acordo com a natureza, forma de disposição e manejo dos resíduos, a idade do aterro, fatores climáticos, entre outros.

Segundo Kuhn e Reisdorfer (2015) a idade da decomposição dos resíduos pode ser dividida em fase ácida, na qual os resíduos ainda são novos, o chorume é mais ácido, há presença de ácidos voláteis, pH baixo, carga orgânica alta e microbiota metanogênica não desenvolvida; e fase metanogênica, na qual os resíduos já são velhos, há microbiota

desenvolvida, produção de gás carbônico e metano, carga orgânica baixa, pH elevado e elevada concentração de nitrogênio amoniacal.

Depois de encerrado, um lixão ou aterro sanitário continua gerando chorume cada vez mais biodegradável durante anos e anos, sendo necessário tratamento cada vez mais complexo. Jucá (2002) afirma que a composição química do chorume varia dependendo da idade do aterro e dos eventos que ocorreram sobre os mesmos. Por exemplo, se o chorume é coletado durante a fase ácida, o pH será baixo, porém parâmetros como DBO, COT, DQO, nutrientes e metais pesados deverão ser altos. Já na fase metanogênica o pH varia entre 6,5 e 7,5 e os valores de DBO, COT, DQO e nutrientes serão significativamente menores.

Riguetti *et al.* (2015) dividem a composição química do chorume em quatro frações, sendo elas: “orgânica dissolvida, compostos orgânicos xenobióticos, macrocompostos inorgânicos como Ca, Mg, Na, K, NH^{4+} , Fe, Cl, SO_4^{2-} , HCO_3^- , metais pesados e outros elementos potencialmente tóxicos como Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Hg, As, Ti, Se e Te” (op cit; p. 154).

As substâncias inorgânicas presentes no chorume (os metais pesados) reagem no ambiente de forma persistente, devido às macromoléculas. Betemps et al. (2014) afirmam que os elementos como Cr, Cu, Pb e Zn são conhecidos como metais pesados com potencial tóxico, que causam impactos ecológicos extremamente negativos, pondo em risco não somente a fauna e a flora, mas também o ser humano (Quadro 2).

Quadro 2 - Consequências dos metais pesados para a humanidade.

Metais	Principais fontes	Consequências para os seres vivos
Chumbo (Pb)	Baterias de automóveis, baterias recarregáveis, tintas, pigmentos, plásticos, ligas metálicas, papéis, e vidro.	Absorvido pela proteína ligante do cálcio depositando-se nos ossos. Afeta todos os sistemas e órgãos do corpo humano.
Cádmio (Cd)	Ligas metálicas, baterias, pilhas alcalinas, tintas, pigmentos.	Entra nas células sanguíneas, acumula-se nos rins, no fígado e nos músculos, podendo provocar lesão renal, irritação grave no estômago, enfraquecimento dos ossos e deformidades no esqueleto.
Cromo (Cr)	Ligas metálicas, solventes, peças cromadas, vidros esverdeados, embalagens de tintas, e vernizes.	No estado de oxidação hexavalente (Cr ⁶⁺) não tem função metabólica e é extremamente tóxico
Manganês (Mn)	Pilhas, lâmpadas fluorescentes, tintas, pigmentos, ligas metálicas, e fungicidas.	Distúrbios da fala e de memória e doenças degenerativas.
Mercúrio (Hg)	Pilhas, baterias de relógios, lâmpadas fluorescentes, termômetros, fungicidas, e tintas.	Pode provocar bronquite, edema pulmonar, salivação excessiva, lesões renais, tremores, convulsões, vômito, diarreia, alucinações, irritabilidade, perda de memória, confusão mental, etc.
Zinco (Zn)	Ligas metálicas, peças galvanizadas, tintas e pilhas comuns.	Excesso de zinco leva à interação competitiva com outros minerais essenciais à saúde. Causa distúrbios gastrointestinais e diarreia, danos ao pâncreas e anemia.

Fonte: Adaptado de RIGUETTI *et al* (2015), BETEMPS *et al* (2014), TAVEIRA (2012) e Jucá (2002).

2.4 Qualidade da água doce no Brasil

O crescimento urbano ocasionou numa crescente geração de resíduos e, conseqüentemente, proporcionou a contaminação das águas devido ao descarte inadequado tanto dos resíduos sólidos quanto dos resíduos líquidos, através do lançamento *in natura* de esgotos e falta de saneamento básico nas cidades (ANDRADE; FERREIRA, 2011).

Sabe-se que o planeta é constituído quase que em sua totalidade de água, porém, apenas 2,5% são de água doce, e apenas 0,06% desta água doce estão disponíveis para uso humano na superfície da terra, os demais se encontram nos lençóis freáticos e nas calotas polares. Sendo assim, a preocupação com o uso da água não é só no que tange a qualidade, mas também a quantidade disponível (PIRATOBA *et al.*, 2017).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2015), em sua resolução nº 357, de 17 de março de 2005, art. 2º, dispõe sobre a classificação dos corpos de água, da seguinte forma:

- I - Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- II - Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- III - Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Por muito tempo a água foi considerada um recurso natural renovável e infinito, porém, devido ao seu uso excessivo e degradação ambiental, este recurso passou a ser considerado finito. Dentre os seus principais usos destacam-se a agricultura, abastecimento público, pecuária, indústria e a geração de energia (PIRATOBA *et al.*, 2017).

Para evitar o mau uso e contaminação da água é fundamental seu controle de qualidade, uma vez que a água é de grande importância para a manutenção da vida no planeta. Segundo Mendonça *et al.* (2017) o controle da qualidade da água é uma necessidade universal, no entanto, exige atenção por parte das autoridades sanitárias e dos consumidores em geral, sobretudo no que se refere à água destinada ao consumo humano, haja visto que ela pode se tornar um veículo capaz de transmitir uma série de agentes patogênicos e substâncias nocivas influenciando diretamente no bem-estar e na saúde da população.

A qualidade da água pode variar dependendo das alterações oriundas de fenômenos naturais e antrópicos exercidas nos cursos d'água. Leme (2010) descreve os efeitos da poluição e da contaminação causados pelos principais poluentes dos recursos hídricos, conforme pode-se observar no Quadro 3.

Quadro 3 - Efeitos da poluição e da contaminação por poluentes dos recursos hídricos.

Fontes de poluição	Parâmetro de caracterização	Danos e consequências
Matéria orgânica	- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	- Consumo de oxigênio; - Mortandade de peixes; - Condições Sépticas.
Patogênicos	- Coliformes	- Doenças de veiculação hídrica.
Nutrientes	- Nitrogênio - Fósforo	- Doenças em recém-nascidos; - Crescimento de algas; - Eutrofização; - Toxicidade em peixes.
Sólidos inorgânicos dissolvidos	- Condutividade elétrica - Totais de sólidos dissolvidos (STD).	- Salinidade do solo; - Toxicidade às plantas; Problemas com a permeabilidade do solo (devido ao sódio).

Fonte: Adaptado de Leme (2010).

Segundo o CONAMA 357 (2005), as águas doces são classificadas em 4 classes, conforme seu uso preponderante. A água do rio Estiva é classificada como Classe 2, devendo atender aos padrões de qualidade apresentados no quadro 4.

Quadro 4 - Classificação e qualidade da água doce no Brasil.

CLASSE 2	Destinação de uso	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; - Proteção das comunidades aquáticas; - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; - Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; - Aquicultura e atividade de pesca.
	Condições de Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> - Não verificação de presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais; - Cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; - Turbidez: até 100 UNT; - pH: 6,0 a 9,0. - Cádmio total 0,001 mg/L Cd - Chumbo total 0,01mg/L Pb - Cloreto total 250 mg/L Cl - Cobre dissolvido 0,009 mg/L Cu - Cromo total 0,05 mg/L Cr - Manganês total 0,1 mg/L Mn - Mercúrio total 0,0002 mg/L Hg - Nitrogênio amoniacal total: 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5 - Zinco total 0,18 mg/L Zn - Fósforo total: até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

Fonte: Adaptado de (CONAMA, 2005).

O curso d'água é considerado poluído quando sua composição, ou padrão de qualidade, é direta ou indiretamente alterado devido a ações antrópicas ou naturais. Uma das principais atividades antrópicas que modificam a composição dos cursos d'água é o desenvolvimento da indústria e da agroindústria, os quais lançam grandes quantidades de resíduos brutos nos rios, e em outros lugares inadequados e sem tratamento prévio (LEME, 2010).

O Anexo 20 da Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), estabelece em seu art. 15 os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. E define:

I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

É dever dos municípios exercerem a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011).

2.5 Políticas e planos dos resíduos sólidos

Atualmente o descarte inadequado de resíduos sólidos vem sendo debatido mundialmente devido à capacidade que esses têm em degradar o meio ambiente e prejudicar a saúde (SAIANI et.al, 2014). A urbanização trouxe grandes transformações na geração e descarte dos resíduos sólidos urbanos, porém, foi após a Revolução Industrial que a degradação ambiental se agravou decorrente da mudança na quantidade e composição dos resíduos, onde antes era composto basicamente de matéria orgânica de fácil absorção pelo meio ambiente, passou a ser composto, em grande quantidade, por matéria inorgânica (ANDRADE; FERREIRA, 2011).

De acordo com Araújo e Pimentel (2016), na década de 70, a preocupação voltada para as questões ambientais ganhou força com a Conferência de Estocolmo, onde foram criadas as primeiras políticas públicas voltadas para a coleta e disposição final dos resíduos sólidos. Já na década de 90, cerca de 160 países se reuniram no Rio de Janeiro, na ECO-92, estabelecendo metas em relação ao meio ambiente, através da ação conjunta dos Governos, Indústrias e Sociedade, objetivando reduzir a geração e o uso dos descartáveis.

No Brasil, a Lei Federal nº. 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico) é um dos instrumentos legais que regula, entre outros assuntos, as diretrizes para a prestação dos serviços públicos urbanos e manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2007).

Complementando a Lei do Saneamento Básico, após vinte anos de pressão da sociedade civil, em 2 de agosto de 2010 foi aprovada a Lei n. 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo Decreto no 7.404, de 23 de dezembro de 2010, seguindo as normas e resoluções da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do CONAMA (BRASIL, 2010).

Martins *et al*, (2017) afirmam que outros instrumentos legais no Brasil também incentivam o gerenciamento adequado dos resíduos, a saber: O Sistema Nacional de Informações Sobre Gestão de Resíduos Sólidos (Sinir); Política Nacional do Meio Ambiente; Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima); Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (Sinisa); Plano Nacional sobre Mudança do Clima; Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS), entre outros.

É fundamental a integração desses instrumentos, a fim de obter melhor rapidez e eficiência na redução dos impactos ambientais, evitando sobreposição de funções, descumprimento de normas legais e desperdício de recursos públicos e privados (SEBRAE, 2012).

De acordo com SEBRAE (2012) para a execução das Políticas voltadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos, a elaboração dos Planos segue uma divisão hierárquica, cujos objetivos são: Plano Nacional – Definir diagnóstico, cenários, metas e programas de ação, normas de acesso a recursos da União para este fim, medidas de incentivo à gestão regionalizada, normas e diretrizes para disposição final de rejeitos e resíduos, meios de fiscalização e controle social; Planos Estaduais – Tem os mesmos instrumentos da esfera federal, com foco em seu próprio território, define as diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de RS nas regiões metropolitanas, aglomerações e microrregiões. Cabe ao Estado coordenar os Planos Metropolitanos, Regionais, Intermunicipais e Microrregionais, onde couber; Planos Municipais – Identifica as áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, assim como identifica as possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros municípios. Nos planos devem ser identificados os geradores (empresas, associações e outras entidades que descartam grandes volumes, resíduos específicos – como os de construção, hospitais e outros –, ou resíduos

perigosos) e os sujeitos (responsáveis por apresentar e executar o plano de gerenciamento específico).

Na Lei não há descrição dos profissionais responsáveis para elaboração destes planos, porém, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) sugere que haja um Comitê Diretor com representantes Estaduais ou Municipais para elaboração do mesmo, além de formação de um Grupo de Sustentação representado por representantes de conselhos, ONGs, movimentos sociais, cooperativas, comunidade acadêmica, entre outros que irão auxiliar o Comitê Diretor, garantindo a participação de todos os segmentos na elaboração dos planos (MARTINS *et al*, 2017).

2.5.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, atribui uma série de ações que visam solucionar a problemática do manejo e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, com destaque à educação ambiental, redução do consumo, não geração dos resíduos, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente correta dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Uma das exigências contidas na PNRS foi o encerramento dos lixões em todos os municípios brasileiros até 2014. Porém, neste mesmo ano, 3,5 mil cidades ainda não tinham atendido a determinação do encerramento dos lixões, sendo o prazo prorrogado para 2018, segundo a Medida Provisória (MP) 651/2014, que trata de incentivos tributários para o descarte adequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (ARAÚJO *et al*, 2018).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos engloba, além dos encerramentos dos lixões em todos os municípios, a responsabilidade social para com os catadores de recicláveis, sendo um dos seus instrumentos presente no Art. 8^a da Lei 12.305/2010: “IV – o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis” (BRASIL, 2010).

Mesmo antes das exigências previstas na PNRS para o incentivo a criação de cooperativas de catadores, no Brasil esta forma de organização de catadores de recicláveis já vinha crescendo devido a outros fatores que, segundo Rodrigues *et al*. (2015), estão relacionados com o crescente nível de pobreza, que levam a busca de meios de sobrevivência nos lixões, bem como

a produção cada vez maior de lixo que, agregado ao sistema capitalista de consumo tem grande valor comercial.

Além disso, a crise no emprego e os bons preços alcançados por certos materiais recicláveis contribuíram para a formação de cooperativas no Brasil. Entre outras importâncias no aspecto social, a PNRS destaca a inclusão do princípio do poluidor pagador, exigindo a logística reversa dos resíduos em determinados segmentos (SAIANI *et al.*, 2014).

Para se adequar as determinações legais da PNRS, não basta a destinação adequada dos resíduos gerados. No art. 9º fica determinado (na ordem de prioridades no gerenciamento dos resíduos sólidos): não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar, tratar, e destinar corretamente os resíduos sólidos (BRASIL, 2010). A educação ambiental é fator primordial para despertar a sensibilização da sociedade em não gerar resíduos, ou seja, não consumir o desnecessário, contrapondo-se às políticas de incentivo ao consumo do sistema capitalista (MARTINS *et al.*, 2017).

As políticas de gerenciamento dos resíduos funcionam obedecendo a hierarquia do poder público, onde os Estados e Municípios deverão elaborar seus próprios Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) (ARAÚJO *et al.*, 2018).

Como forma de incentivo, o art. 18 da PNRS estabelece prioridade no acesso aos recursos da União e aos incentivos ou financiamentos federais de crédito ou fomento. Os municípios que possuem o Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIR), com atividades voltadas para a limpeza urbana e manejo dos resíduos, incluindo: consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos; Coleta seletiva e Cooperativa de catadores de recicláveis (BRASIL, 2010).

De acordo com Araújo *et al.* (2018) a Lei 12.305/2010 prevê várias ações que objetivam solucionar os problemas relacionados ao manejo dos resíduos sólidos no Brasil, dando evidência a educação ambiental e a não geração dos resíduos.

A PNRS exige ainda a organização e alterações na estrutura legal dos municípios, incluindo sempre soluções e metas voltadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Dentre os instrumentos legais do município que merecem destaque estão: Lei Orgânica Municipal, Plano Diretor, Plano Plurianual, Lei de Diretrizes e Orçamentárias e a Lei Orçamentária Anual (LIMA, 2014).

As exigências propostas para os municípios na PNRS têm como objetivo a melhoria da qualidade de vida da sociedade, baseado no tripé da sustentabilidade (desenvolvimento

econômico, social e ambiental). Porém, para alcançar tal objetivo, a sociedade deve sensibilizar-se para atuar nas ações coletivas e individuais no que trata da gestão dos resíduos sólidos, desde a busca por alternativas de minimização de geração de resíduos, até seu dever como cidadão de fiscalizar as ações governamentais, cobrando a continuidade das políticas públicas voltadas para a questão socioambiental (MIRANDA; STEUER, 2014).

2.5.2 Plano estadual dos resíduos sólidos

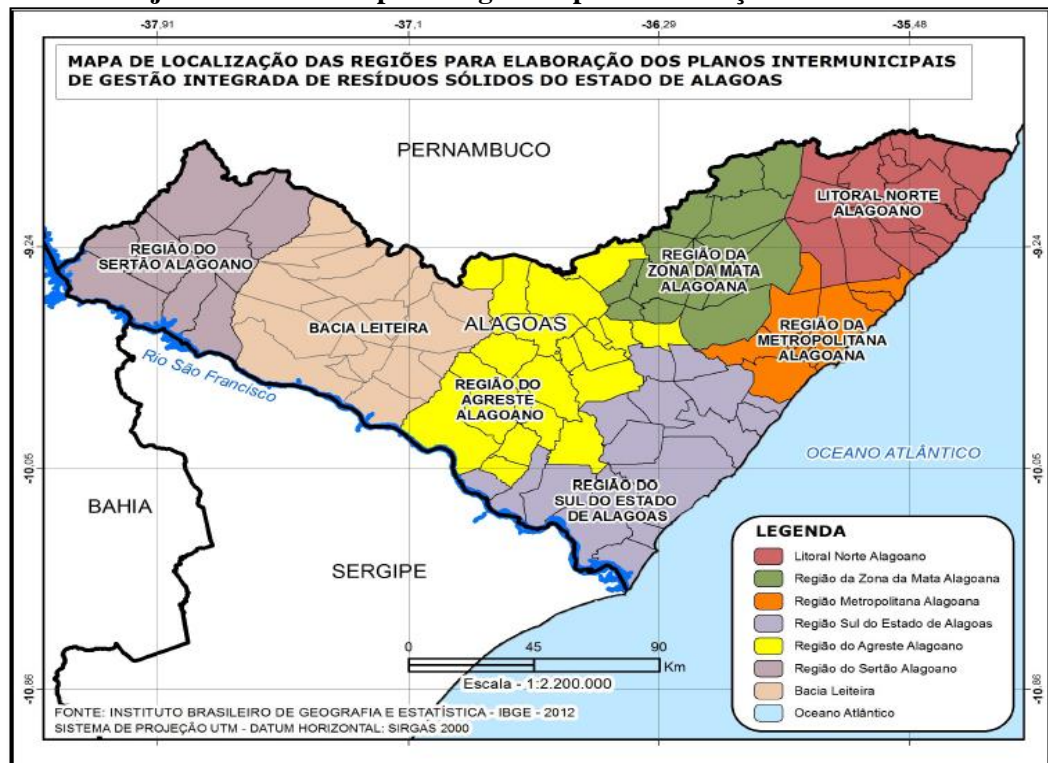
Uma das exigências da PNRS foi a construção dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, os quais são condição necessária para o acesso aos recursos do Governo Federal. Os planos estaduais deverão ter metas, programas, projetos e ações para um período de 20 anos, com revisões a cada quatro anos (BRASIL, 2010).

Em Alagoas o planejamento para a gestão dos resíduos sólidos vem se solidificando desde 2010. Entre os anos de 2014 e 2015 foi elaborado o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), sendo este um dos instrumentos das Políticas Estaduais e Municipais de Resíduos Sólidos, conforme disposto no Art. 16 da Lei 12.305/10, colocando Alagoas em uma posição de destaque no cenário nacional (SEMARH, 2015).

O objetivo do PERS de Alagoas é promover o arranjo entre os municípios alagoanos, facilitando o estudo e promovendo boas práticas de gerenciamento integrado e compartilhado dos RSUs, além da redução de custos na gestão e disposição final desses resíduos, considerando as diretrizes da PNRS (SEMARH, 2015).

A divisão do estado em arranjos (Figura 1) foi o primeiro passo para a composição dos sete consórcios de gestão integrada dos resíduos no Estado. Cada região terá seu Plano Intermunicipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PIGIRS), o qual tem como objetivo complementar as orientações estabelecidas para Estado nas sete regiões, sendo considerado um documento de orientação para os consórcios públicos (ALAGOAS, 2015b).

Figura 1 - Arranjo entre os municípios Alagoanos para elaboração dos Planos Intermunicipais.



Fonte: SEMARH (2015).

De acordo com SEMARH (2015) os sete consórcios das regiões delimitadas são:

1. Região do Agreste - Consórcio Regional de Resíduos do Agreste Alagoano (CONAGRESTE): Assinado protocolo de intenções em abril de 2013, abrange 20 municípios, sendo eles: Arapiraca, Belém, Campo Grande, Craíbas, Coité do Nóia, Minador do Negrão, Estrela de Alagoas, Feira Grande, Palmeira dos Índios, Igaci, Girau do Pociano, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia, Maribondo, Olho d'Água Grande, Quebrangulo, São Sebastião, Taquarana, Tanque d'Arca e Traipú.

2. Região da Bacia Leiteira - Consórcio Intermunicipal para Gestão dos Resíduos Sólidos (CIGRES): Assinado protocolo de intenções em dezembro de 2006, abrange 16 municípios, sendo eles: Jacaré dos Homens, Monteirópolis, Olho d'Água das Flores, Olivença, São José da Tapera, Senador Rui Palmeira, Pão de Açúcar, Maravilha, Batalha, Carneiros, Jaramataia, Santana do Ipanema, Belo Monte, Cacimbinhas, Major Isidoro e Palestina.

3. Região do Litoral Norte de Alagoas - Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento do Litoral Norte do Estado de Alagoas (CONORTE): Assinado protocolo de intenções em 21 de outubro de 2011, abrange 12 municípios, sendo eles: Campestre, Colônia Leopoldina,

Fleixeiras, Jacuípe, Japaratinga, Jundiá, Maragogi, Matriz de Camaragibe, Novo Lino, Porto Calvo, Porto de Pedras e São Miguel dos Milagres.

4. Região Metropolitana - Consórcio Região Metropolitana de Resíduos Sólidos de Alagoas: Assinado protocolo de intenções em outubro de 2011, abrange 9 municípios, sendo eles: Barra de Santo Antônio, Messias, Paripueira, Rio Largo, Pilar, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba e **Marechal Deodoro**.

5. Região do Sertão - Consórcio Região de Resíduos Sólidos do Sertão de Alagoas (CRERSSAL): Assinado protocolo de intenções, em março de 2013, abrange 8 municípios, sendo eles: Piranhas, Mata Grande, Inhapi, Canapi, Olho d'Água do Casado, Pariconha, Água Branca e Delmiro Gouveia.

6. Região Sul - Consórcio Intermunicipal do Sul do Estado de Alagoas (CONISUL): Assinado protocolo de intenções em junho de 2013, abrange 13 municípios, sendo eles: Penedo, Jequiá da Praia, Coruripe, Boca da Mata, Campo Alegre, Junqueiro, São Miguel dos Campos, Teotônio Vilela, Igreja Nova, Feliz Deserto, Piaçabuçu, São Brás e Porto Real do Colégio.

7. Região Zona da Mata - Consórcio Regional de Resíduos da Zona da Mata Alagoana: Assinado protocolo de intenções em fevereiro de 2011, abrange 10 municípios, sendo eles: Branquinha, Murici, Atalaia, São José da Lage, Chã Preta, Cajueiro, Mar Vermelho, Capela, União dos Palmares e Santana do Mundaú.

Além disso, o PERS apresenta o cenário da situação dos resíduos sólidos em todo território alagoano, considerando todos os tipos de resíduos e apresentando formas de planejamento para alcançar o tripé da sustentabilidade, através de 118 metas definidas para as regiões consorciadas, entre elas a implantação de aterros sanitários (ALAGOAS, 2015b).

Em outubro de 2015, foi sancionada a Lei nº 7.749 que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva de Alagoas, em consonância com as políticas estaduais de meio ambiente, recursos hídricos, saneamento básico e promoção da inclusão social que diz:

Art. 1º Fica instituída a Política Estadual de Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva, que dispõe sobre as diretrizes gerais, os seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos, em consonância com as políticas estaduais de meio ambiente, recursos hídricos, saneamento básico e de promoção da inclusão social. (ALAGOAS, 2015b, p. 1).

Dentre as diretrizes da Política Estadual dos Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva de Alagoas, está a criação dos consórcios entre os municípios; encerramento dos lixões e a

recuperação da área degradada; incentivo a Coleta Seletiva e a criação de Cooperativas de catadores de recicláveis; logística reversa de alguns resíduos; entre outros.

2.5.3 Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana – PIGIRS-RM

Os desafios financeiros e administrativos levam os municípios a se associarem em busca de soluções para os problemas relacionados à gestão dos resíduos sólidos, através dos Planos Intermunicipais de Gestão de Integrada dos Resíduos Sólidos (PIGIRS) (MARTINS *et al*, 2017).

Na região metropolitana, o PIGIRS foi elaborado por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). O mesmo apresenta o diagnóstico do gerenciamento dos RSU dos nove municípios pertencentes a região metropolitana do estado de Alagoas. Maceió não está incluso no PIGIRS-RM, pois o mesmo já possui seu Plano Municipal de Saneamento Básico e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos, inclusive desde 2010 Maceió destina seus resíduos sólidos urbanos em um aterro sanitário localizado no bairro Benedito Bentes (ALAGOAS, 2015).

De acordo com a SEMARH (2016) a partir da implantação do PIGIRS, espera-se alcançar a gestão sustentável dos resíduos sólidos, considerando a realidade local dos municípios da região, pois, a partir do plano, almeja-se fornecer as diretrizes e subsídios para que o poder público, a iniciativa privada e a sociedade organizada exerçam suas responsabilidades frente à gestão dos resíduos sólidos.

O PIGIRS-RM foi elaborado através de quatro metas, sendo elas: Projeto de mobilização social e divulgação; Diagnóstico dos resíduos dos municípios; Planejamento das ações e; Publicação e divulgação do Plano.

No PIGIRS-RM encontra-se a descrição do gerenciamento, logística e destinação final de cada tipo de resíduo encontrado nos municípios, bem como a elaboração de cenários para o transporte dos resíduos para um aterro que atenda os nove municípios dentro da região metropolitana, objetivando prever diferentes situações e suas viabilidades econômicas, além das 94 metas propostas para os diferentes tipos de resíduos (SEMARH, 2016).

Martins *et al.* (2017) afirma que as metas, ações e programas previstos no PIGIRS, estão correlacionados com os previstos no Plano Estadual de Resíduos Sólidos e na Política Nacional dos Resíduos Sólidos, atuando de forma integrada e complementar.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos dispensa a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) para os municípios que estiverem inseridos em consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, visto que o PIGIRS preencha adequadamente os requisitos impostos no Art. 19 da Lei n. 12.305/2010 (SAIANI *et al.*, 2014).

2.6 Parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados em água

2.6.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica presente na água indica a capacidade que esta tem em conduzir corrente elétrica, o que está atribuído aos minerais presentes na mesma (FERNANDES *et al.*, 2017). Segundo Betemps *et al.* (2014), a condutividade elétrica presente na água é um indicador indireto de contaminação da mesma, uma vez que representa a quantidade de sais existentes na coluna d'água.

Não existe um padrão de condutividade elétrica na legislação, tanto o Ministério da Saúde (Portaria nº 2.914/2011) quanto a Resolução Conama (357/2005), não determinam valores de condutividade para níveis de contaminação, porém, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018), níveis de condutividade superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ já indicam ambientes poluídos.

A condutividade elétrica também está relacionada a características geoquímicas e condições climáticas nas regiões tropicais. Sendo assim, rios que possuem a mesma nascente com diferentes drenagens, podem apresentar diferenças na condutividade elétrica (PIRATOBA *et al.*, 2017).

Segundo Esteves (2011), a condutividade elétrica geralmente é menor no período chuvoso, devido ao aumento do fator de diluição dos íons, porém, fontes de poluição podem elevar estes valores, independente da sazonalidade.

2.6.2 Sólidos Totais Dissolvidos

Os Sólidos Totais Dissolvidos tratam-se da soma dos sólidos dissolvidos e sólidos suspensos presente nas águas. Ele inclui todos os sais e componentes não iônicos. O processo de intemperismo contribui com a quantidade de STD na água, uma vez que leva para água elementos na forma iônica. Este parâmetro também é utilizado no controle de poluição de corpos d'água, principalmente para avaliar a eficiência nas estações de tratamento (PIRATOBA *et al*, 2017; BETEMPS *et al*, 2014).

2.6.3 Temperatura

A temperatura é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar, e está diretamente relacionada a outros fatores como: clima, composição geológica, condutividade elétrica das rochas, pluviometria, estação do ano, entre outros (PIRATOBA *et al*, 2017). A temperatura também pode ser um indicador de poluição quando há lançamento de efluentes no corpo hídrico, ameaçando a biota aquática. Para lançamento de efluentes no corpo hídrico, a resolução CONAMA 430 estabelece a temperatura máxima do efluente a ser descartado, 40°C (CONAMA, 2011).

Também há variações de temperatura nos corpos d'água em suas diferentes profundidades, tendo relação com outros parâmetros. Da mesma forma, material particulado que chega ao corpo d'água através do escoamento superficial, pode influenciar na temperatura, pois quando em elevada concentração absorve uma quantidade maior de calor (MALHEIROS *et al.*, 2012).

2.6.4 Turbidez

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (Ministério da Saúde), a turbidez é uma característica física da água que apresenta substâncias em suspensão, reduzindo sua transparência devido a presença de algas, plâncton, matéria orgânica e outras substâncias tais como zinco, ferro, manganês e areia resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2014).

2.6.5 Cor Verdadeira

A cor é um parâmetro a ser avaliado dentro da legislação, como base para estudos de qualidade da água para potabilidade e consumo humano (PIRATOBA *et al.*, 2017). A cor pode ter origem natural, devido a decomposição da matéria orgânica presente na mesma ou da presença de metais de ferro e/ou manganês, como também pode ter origem antrópica, devido ao descarte de efluentes domésticos e industriais (BEZERRA *et al.*, 2018).

A presença de uma cor elevada da água, principalmente a destinada ao consumo humano, não é permitido pela legislação brasileira. O valor máximo permitido de 75 mg Pt/L para cor verdadeira em águas de Classe 2, que é o caso do Rio Estiva (CONAMA, 2005). A Secretaria de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), determina, para efeito de caracterização de águas para abastecimento, a distinção entre cor aparente e cor verdadeira, a primeira leva em consideração as partículas suspensas presentes na água, já a segunda é determinada após filtração da amostra.

2.6.6 pH

O Potencial Hidrogeniônico (pH), revela a intensidade de acidez (quando menor que 7), ou alcalinidade (quando maior que 7), de uma amostra, através da concentração de íons de hidrogênio. A resolução Conama (2005), determina valores entre 6,0 e 9,0 para águas destinadas a consumo humano. Já o Ministério da Saúde, determina valores entre 6,0 e 9,5 para água potável no sistema de distribuição, (BRASIL, 2014).

A maioria dos seres vivos aquáticos são sensíveis ao pH. Segundo Fernandes *et al.* (2017), valores de pH acima de 11,0 ou menores de 4,0 podem causar mortalidade de espécies. Além disso, o pH é fundamental para o controle da poluição, uma vez que possui efeito no metabolismo dos organismos aquáticos. Quanto mais matéria orgânica tiver a água, mais ácida ela será (*op. Cit.*).

2.6.7 Nitrogênio Amoniacal

O Nitrogênio amoniacal está entre os parâmetros que norteiam possíveis contaminações da água por chorume ou necrochorume (SANTOS *et al.*, 2015). Dependendo do curso d'água,

uma vez que a água é contaminada, seus efeitos persistem por anos mesmo que interrompida a fonte poluidora (BEZERRA *et al.*, 2018).

Pode-se encontrar Nitrogênio Amoniacal na água em forma de amônia (NH_3) ou na forma de íon amônio (NH_4^+), quando o pH é básico predomina a presença de amônia, a qual é mais tóxica que o íon amônio. A amônia prejudica o crescimento dos seres vivos aquáticos, e pode causar sua mortandade se presente em altas concentrações (FERNANDES *et al.*, 2017).

A resolução CONAMA 357 (2005) determina valores de Nitrogênio Amoniacal permitidos em água: 3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; 0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8$.

Riguetti *et al.* (2015), afirma que o Nitrogênio Amoniacal é encontrado em alta concentração em chorume maduro, sendo de difícil degradação. Quando o nitrogênio Amoniacal é encontrado em grande proporção e em forma de amônia nos cursos d'água, isso pode indicar contaminação recente.

2.6.8 Cloreto

Assim como os demais parâmetros, o Cloreto é um indicador de possível contaminação da água, quando encontrados em grandes proporções causa sabor salgado na água e podem se comportar como laxantes (SANTOS *et al.*, 2015; BEZERRA *et al.*, 2018).

A quantidade de Cloreto na água pode ser de origem natural, devido a lixiviação de rochas, ou devido a ação antrópica, através da disposição inadequado de efluentes domésticos e/ou industriais, sendo impróprio o uso desta água para consumo humano e irrigação (BETEMPS *et al.*, 2014; BEZERRA *et al.*, 2017; PIRATOBA *et al.* 2017).

2.6.9 Ferro

O ferro também é um parâmetro de análise de contaminação da água por efluentes domésticos e industriais, porém, assim como os demais parâmetros, também pode ter sua origem natural, principalmente devido a composição do solo (BEZERRA *et al.*, 2018).

Valores altos de Ferro na água conferem cor e sabor desagradável, causam manchas em tecidos entre outros prejuízos (BEZERRA *et al.*, 2018).

2.6.10 Fósforo

O fósforo é um componente importante para vida aquática, atuando como excelente nutriente, porém, em excesso pode causar eutrofização do meio. Sua alta concentração pode indicar contaminação da água por ações antrópicas (FERNANDES *et al.*, 2017).

Uma das principais causas de aumento de fósforo na água está associada a esgoto doméstico e industriais, fertilizantes, fezes de animais e defensivos agrícolas (BETEMPS *et al.*, 2014).

2.6.11 Coliformes

A presença de coliformes na água indica a existência de microrganismos patogênicos, os quais podem causar diversas doenças de veiculação hídrica, dentre elas: amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa e cólera. (SOUSA *et al.*, 2016).

A resolução Conama 274 (2000), define coliformes fecais como sendo bactérias do grupo de coliformes totais, caracterizada pela presença da enzima β -galactosidase, pode ser encontrada tanto nas fezes humanas e de animais como em solos, plantas ou qualquer efluente que contenha matéria orgânica.

Já os coliformes *Escherichia coli* (*E-Coli*), pertencem a família Enterobacteriaceae, e é caracterizada pela presença tanto das enzimas β -galactosidase, quanto das enzimas β -glicuronidase. Este tipo de coliforme é mais abundante em fezes humanas e de animais (CONAMA, 2000).

Segundo Piratoba *et al.*, (2017), os parâmetros de turbidez e coliformes termotolerantes, estão interligados e podem indicar contaminação da água por patogênicos, uma vez que:

“1) as partículas em suspensão que contribuem para o aumento da turbidez podem servir como meio para a proliferação de bactérias; 2) a presença de microrganismos que só se desenvolvem no intestino de animais quentes indica a presença de carga orgânica proveniente de efluentes domésticos”. (op.cit, p. 449).

2.6.12 Metais

Quando há precipitação sobre os lixões a água passa pelos resíduos e se junta ao chorume, aumentando seu volume, até chegar ao lençol freático, contaminando às águas subterrâneas. Quando não infiltra, o chorume escoar pela superfície, acompanhando a topografia e contaminando o solo e as águas superficiais (SAIANI *et al.*, 2014).

Riguetti *et al.*, (2015) divide a composição química do chorume em quatro frações, sendo elas: “orgânica dissolvida, compostos orgânicos xenobióticos, macrocompostos inorgânicos como Ca, Mg, Na, K, NH^{4+} , Fe, Cl, SO_4^{2-} , HCO_3^- , metais pesados e outros elementos potencialmente tóxicos como Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Hg, As, Ti, Se e Te” (op cit; p. 154).

Segundo Betemps *et al.* (2014), os metais Cromo (Cr), Cobre (Cu), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), são os que possuem potencial tóxico que causam maiores impactos negativos, tanto para flora e fauna, como também para saúde humana.

A resolução Conama (2005), determina valores máximo permitido de diversos metais em água, bem como a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Segundo Riguetti *et al.* (2015), o metal Manganês é utilizado na produção de aço, baterias, palitos de fósforo e porcelanas, a presença de desse material no solo ou na água, localizados próximo do lixão, pode indicar a presença desses materiais nos resíduos sólidos que foram encaminhados para o lixão.

Já o Potássio é um elemento que geralmente é encontrado na água em menor concentração, em águas subterrâneas ele pode ocorrer em pequena quantidade ou pode até estar ausente, uma vez que o mesmo realiza intensa troca iônica e é facilmente incorporado aos minerais e vegetais (BEZERRA *et al.*, 2018).

Piratoba *et al.* (2017), relata que as concentrações de sódio em águas superficiais variam consideravelmente por fatores como a geologia do local, as descargas de efluentes, o uso sazonal de sais nas rodovias e o uso de fertilizantes na agricultura. Teores elevados de Sódio podem ter origem de esgoto domésticos, efluentes industriais ou intrusão de águas marinhas em regiões litorâneas (BEZERRA *et al.*, 2017).

Em relação a presença de Alumínio na água, Freitas *et al.* (2001), discorre sobre as consequências da alta concentração deste elemento, o qual pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar à distúrbios neurológicos, bem como efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer. Ainda segundo o autor, a presença do alumínio na

água, também, pode estar sendo provocada pela poluição ambiental antropogênica, como por exemplo, a presença de lixão próximo a área de análise (*op cit*).

2.7 Destinação final e quantificação dos resíduos sólidos urbanos de Marechal Deodoro

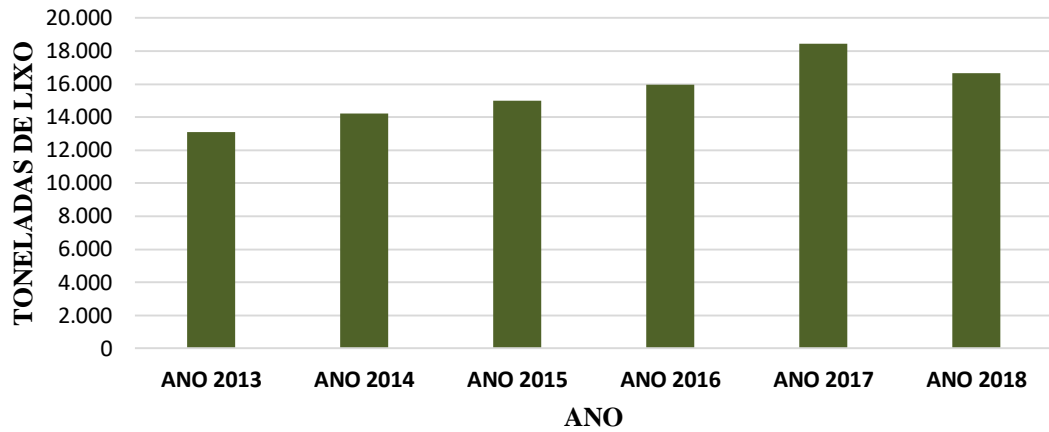
Os resíduos sólidos urbanos (RSU) de Marechal Deodoro eram depositados em um lixão localizado em uma área de tabuleiro às margens da rodovia AL-215, distante aproximadamente 4 km do centro histórico do município. Este lixão foi encerrado em junho de 2014. Concomitantemente foi aberta uma Célula Emergencial Controlada (Aterro Controlado), com aproximadamente 5.600 m², para o descarte dos RSU localizada ao lado do antigo lixão (CARVALHO, 2016).

Os resíduos destinados na Célula Emergencial eram cobertos por solo argiloso, caracterizando um aterro controlado. Porém, a cobertura com o solo deixou de ser feita com frequência, não havia drenagem do chorume nem dos gases gerados, o que facilitava a combustão espontânea e a geração de grande volume de percolato, principalmente nos períodos chuvosos. Assim, o Aterro Controlado passou a ter as mesmas características do lixão.

Em 13 de janeiro de 2017, a Célula Emergencial Controlada foi fechada e os RSU passaram a ser destinados ao Aterro Sanitário da cidade de Pilar, localizada a aproximadamente 15 km de Marechal Deodoro (MARECHAL DEODORO, 2017).

Em Marechal Deodoro, o gráfico 01 mostra a série histórica de 2013 a 2018 da geração de resíduos sólidos urbanos coletados no município por meio do método da coleta convencional. Observa-se um aumento significativo no lixo coletado, já que em 4 (quatro) anos houve um aumento de aproximadamente 40%. Um crescimento já esperado na cidade, devido ao crescimento populacional e da prestação de serviços. Em alguns municípios este crescimento da geração de resíduos se dá de forma mais lentas, como foi o caso do município de Florianópolis – SC, o qual em 11 anos cresceu apenas 29% (DOMINGOS; BOEIRA, 2015).

Gráfico 1 - Geração de resíduos no município de Marechal Deodoro



Fonte: Dados disponibilizados pela empresa terceirizada de coleta, transporte e destinação final dos RSU de Marechal Deodoro, adaptado pela autora.

A quantidade de RSU em Marechal Deodoro diminuiu em 2018, provavelmente devido a implantação da coleta seletiva municipal, a qual já está sendo implantada no município, através da criação da Cooperativa de Trabalho dos Catadores de Marechal Deodoro (COOPMAR).

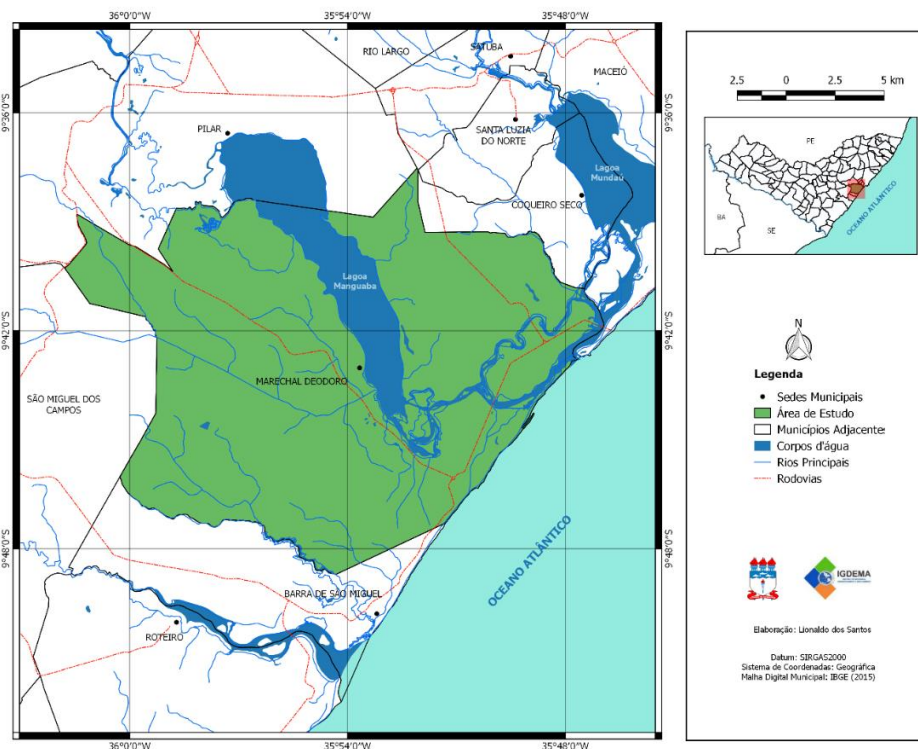
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização geral da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Marechal Deodoro, inserido na Mesorregião Geográfica do Leste Alagoano e Microrregião Geográfica de Maceió (Figura 2), localizado nas coordenadas geográficas 09°42'36,0'' de latitude Sul e 35°53'42,0'' de longitude Oeste, apresentando 31 m altitude, área de 332,14 Km², (ALAGOAS, 2015a).

A população, segundo IBGE (2010), era de 45.977 habitantes (2.585 hab. na zona rural e 43.392 hab. na zona urbana) com estimativa de 52.260 habitantes para 2017, e densidade demográfica de 138,62 hab/Km² (IBGE, 2010). O município está a 28 km de Maceió, capital do estado de Alagoas (Figura 2). Suas principais vias de acesso são as rodovias BR-101, AL-101 Sul e AL-215. Limita-se ao norte com os municípios de Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Satuba e Maceió, ao sul com São Miguel dos Campos e Barra de São Miguel, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com o município de Pilar e Boca da Mata (ALAGOAS, 2015a).

Figura 2 - Localização do município de Marechal Deodoro, Alagoas.



Elaboração: Lionaldo dos Santos (2018).

De acordo com a Classificação de Koppen (com base nos valores de precipitação pluviométrica mensal ou anual), o município de Marechal Deodoro tem um clima Tropical Quente e Úmido, com chuvas de outono-inverno, classificado como As', já de acordo com a Classificação de climática de Thornthwaite, o clima é Subúmido C2sA'a' (EMBRAPA, 2012). Apresenta temperatura do ar média anual de 25,0 °C, e precipitação média de 1.634,2mm/ano, com maiores índices de precipitação nos meses de abril a julho, sendo que este último apresenta a maior delas (316,82 mm). Já os menores índices de precipitação estão nos meses de outubro a janeiro, sendo dezembro o mês com o menor índice (50,66 mm) (SANTOS *et al.*, 2017).

O relevo de Marechal Deodoro faz parte da unidade dos Tabuleiros Costeiros e da Planície Costeira Alagoana, os quais acompanham o litoral de todo o Nordeste (VILLANUEVA, 2016). Os Tabuleiros Costeiros representam formas de relevo tabulares desenvolvidos em rochas sedimentares e estão localizados logo após as planícies costeiras, exibindo cotas variáveis, além de serem invariavelmente embasados por rochas sedimentares pouco litificadas de idade Terciária da Formação Barreiras. Predominam solos espessos e de baixa fertilidade natural, tais como os Latossolos Amarelos e os Argissolos Amarelos (EMBRAPA, 2012).

Já a Planície Costeira compreende um conjunto de ambientes deposicionais de origens marinha, fluviomarinha e eólica, cujos padrões de relevo são as planícies fluviomarinhas (formando manguezais e rios) e fluviolagunares (formando as lagoas). Neste domínio da planície costeira predominam os Neossolos Quartzareníticos e Espodossolos Háplicos, ambos com reduzida fertilidade e capacidade de retenção de umidade (EMBRAPA, 2012). Tem como cobertura vegetal a floresta perenifolia de restinga no Sul do estado e formações de dunas e praias, com vegetação típica destes ambientes (VILLANUEVA, 2016).

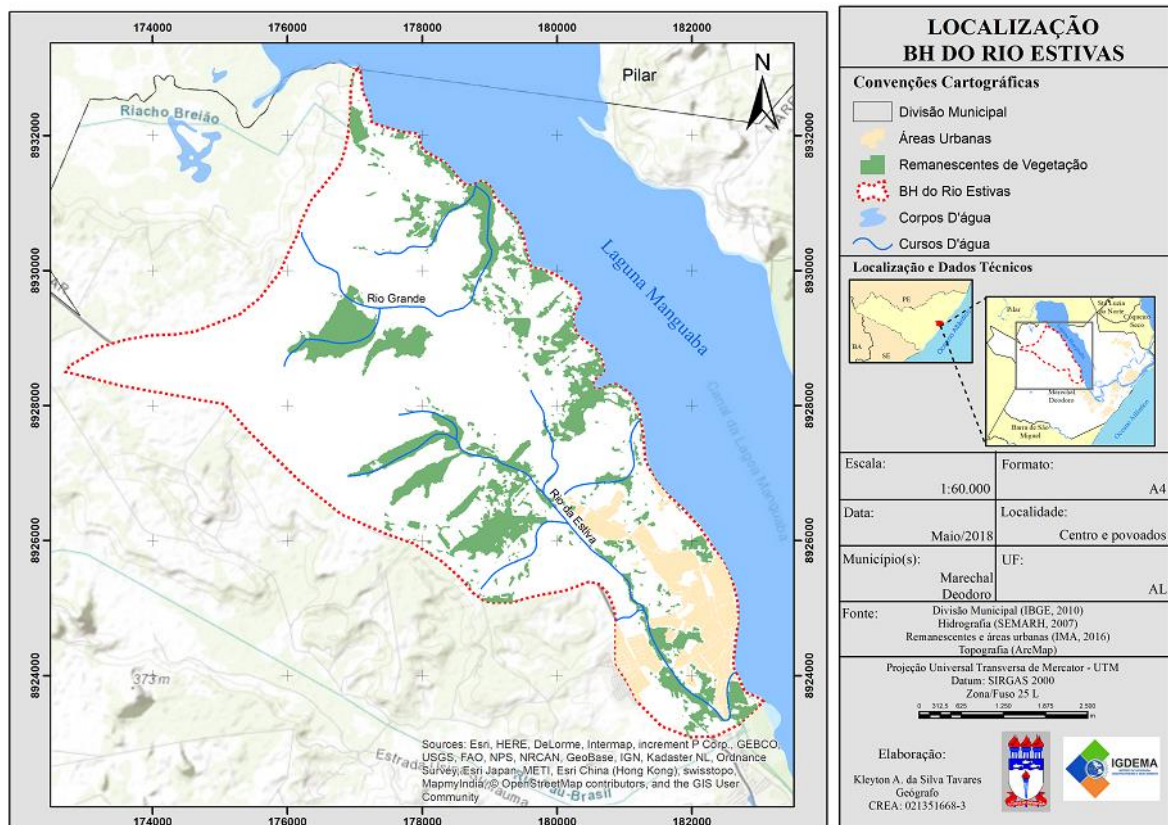
O município de Marechal Deodoro é banhado em sua porção central pelos Rios Sumaúma e da Estiva, que alimentam a Laguna Manguaba, desaguando em seguida no Oceano Atlântico. No Extremo Norte, o município é banhado pelo Rio dos Remédios; a Sul, pelo Rio Niquim e a leste pelo Oceano Atlântico. O padrão de drenagem predominante é o pinado, uma variação do dendrítico e com sentido preferencial (MASCARENHAS *et al.*, 2005).

3.2 Descrição da área de estudo

3.2.1 Rio Estiva

O rio Estiva possui uma extensão de 35,3Km, totalmente localizado dentro do município de Marechal Deodoro (Figura 3), faz parte das bacias hidrográficas contribuintes do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú Manguaba (CELMMM), junto com os rios Sumaúma, Remédios, Paraíba do Meio, Mundaú e Riacho do Silva (SEMARH, 2015).

Figura 3 - Localização do Rio Estiva em relação ao Estado de Alagoas.



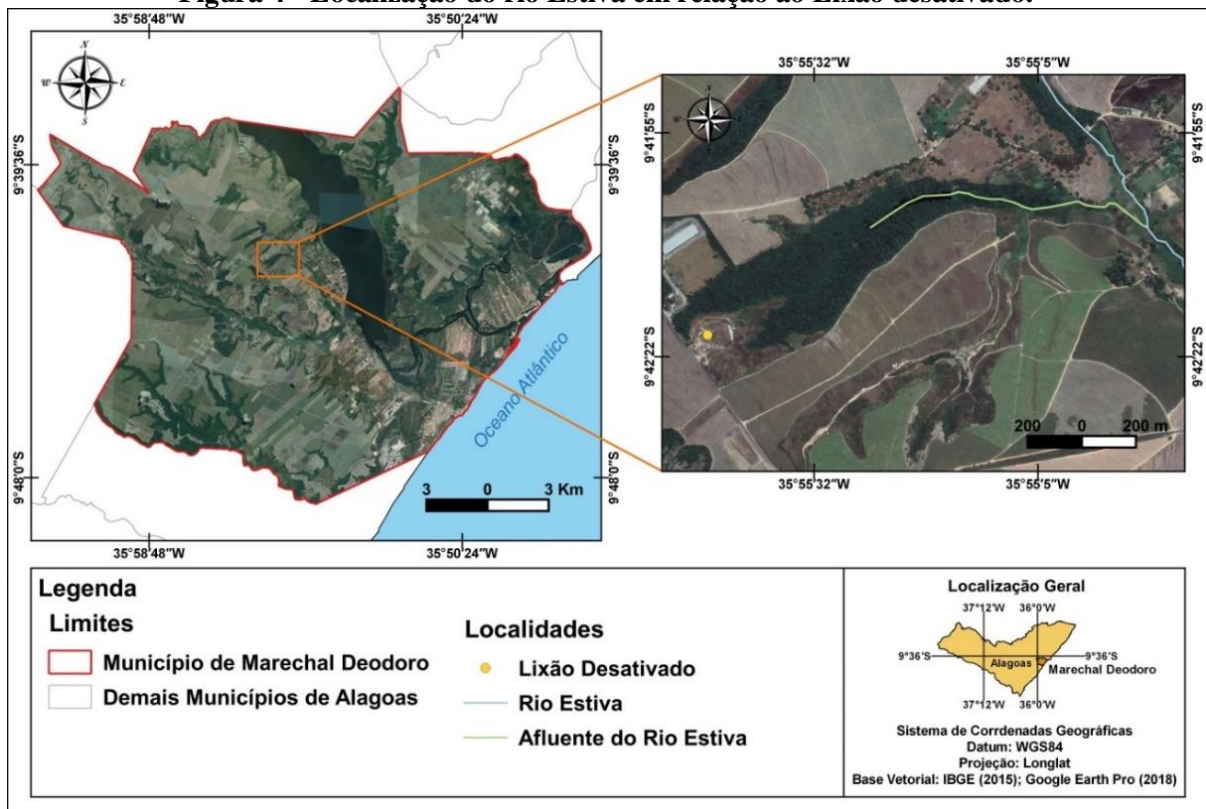
Elaboração: Kleyton Tavares (2018).

O rio Estiva é responsável pelo abastecimento de água de cerca de 30.000 habitantes da cidade de Marechal Deodoro, através de 8.000 ligações domiciliares destinadas aos bairros: Centro, Barro Vermelho, Taperaguá, Porto Grande, Poeira e Povoado Tuquanduba (SAAE, 2018).

3.2.2 Lixão de Marechal Deodoro

O lixão desativado de Marechal Deodoro está localizado nas coordenadas geográficas 9°42'20.69" de Latitude Sul e 35°55'44.20" de Longitude Oeste, e encontra-se a 1,52 Km de distância do rio Estiva (Figura 4), na margem esquerda, e a 685 metros de distância da nascente de um afluente do rio Estiva.

Figura 4 - Localização do rio Estiva em relação ao Lixão desativado.



Elaboração: Thiago Cavalcante Lins da Silva (2018).

O lixão foi encerrado no dia 13 de janeiro de 2017 e os resíduos foram cobertos e compactados com solo argiloso. Atualmente não há mais escoamento superficial de chorume sobre o solo (Figura 5B).

3.2.3 Pontos de coleta de água

Para a realização desta etapa, foi utilizado o GPS Garmin modelo eTrex, no qual plotou os pontos para análise da qualidade da água (Figura 5). Os pontos selecionados foram:

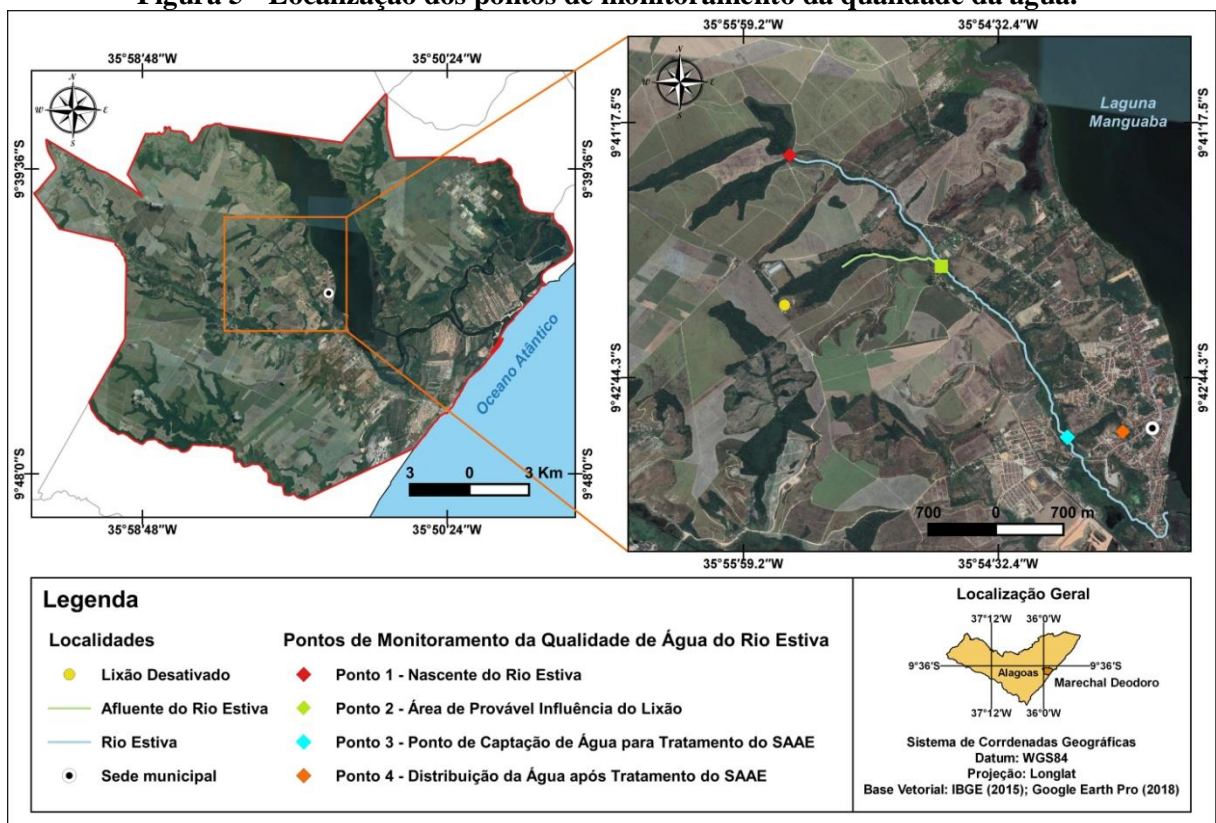
Ponto 01: água da nascente do rio Estiva ($9^{\circ}41'29.25''$ de Latitude Sul e $35^{\circ}55'43.53''$ de Longitude Oeste);

Ponto 02: água do rio na área de provável influência do lixão desativado, localizado na Fazenda Suíça ($9^{\circ}42'6.63''$ de Latitude Sul e $35^{\circ}54'52.20''$ de Longitude Oeste); e

Ponto 03: água do rio no ponto de captação da água para tratamento do SAAE ($9^{\circ}43'6.16''$ de Latitude Sul e $35^{\circ}54'8.42''$ de Longitude Oeste);

Ponto 04: água tratada na estação de tratamento do SAAE ($9^{\circ}43'3.44''$ de Latitude Sul e $35^{\circ}53'49.33''$ de Longitude Oeste).

Figura 5 - Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água.



Elaboração: Thiago Cavalcante Lins da Silva (2018).

As amostras foram coletadas mensalmente nos quatro pontos de monitoramento da água do rio e água tratada (figura 6), para análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos, sendo eles:

- Fatores físicos: Condutividade, Turbidez, Temperatura, Sólidos Totais Dissolvidos e Cor Verdadeira.
- Fatores químicos: pH, Nitrogênio Amoniacal, Cloreto, Ferro, Fósforo, cianetos e metais pesados.
- Fatores biológicos: Coliformes.

A figura 6 mostra registro da coleta de água nos quatro pontos de monitoramento.

Figura 6 - Coleta de água no rio Estiva e água tratada.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

Os pontos para monitoramento da qualidade da água foram escolhidos segundo determina a Lei nº 9.433/97, que constitui a Política Nacional de Recursos Hídricos, criada pelo Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH), que cita que o objeto de análise pericial e/ou investigativo, deve avaliar a contribuição de certo tipo de efluente na qualidade de um corpo d'água, com coleta realizada em pelo menos três pontos: um à montante

(antes do lançamento do efluente); um ponto na zona de mistura (confluência do efluente com o corpo receptor); e um ponto à jusante (localizado após o lançamento da fonte poluidora). Paralelamente, deve ser feita a coleta do próprio efluente que está sendo lançado, e/ou na origem do local suspeito.

Nesta pesquisa, tem-se o ponto P1 à montante da zona de mistura, onde fica a nascente do rio Estiva; o ponto P2 que seria a zona de mistura, onde provavelmente o chorume se direciona superficialmente e através da infiltração do solo e o ponto P3 à jusante da zona de mistura, onde ocorre a captação da água do rio Estiva para tratamento no SAAE. Não foi possível realizar a coleta do chorume no lixão desativado, pois, como o mesmo foi encerrado assim que alcançou o nível do solo, todo chorume infiltrou, impossibilitando sua coleta, esta, só seria possível a um nível abaixo da profundidade do lixão.

Sendo assim, foram coletadas amostras da água do rio após tratamento da ETA (ponto P4), afim de verificar se há alteração nos parâmetros após tratamento.

Todas as amostras da água do rio foram coletadas na profundidade entre 0 e 30 centímetros da lâmina d'água. A água tratada foi coletada diretamente da torneira do laboratório do SAAE, após higienização da mesma, conforme procedimento descrito no Guia Nacional de Coleta (ANA, 2011).

Após coletadas, as amostras foram conservadas em gelo até a chegada ao Laboratório de Saneamento Ambiental, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (LSA/CETC/UFAL), e no laboratório foram armazenadas em um freezer à 4°C, até a realização de todas as análises.

Para melhor análise dos resultados, algumas características dos pontos de coleta de água foram observadas conforme descrição a seguir:

Ponto 1: Nascente do rio, apesar de haver plantação de cana nas proximidades, observa-se a presença da mata ciliar bem preservada ao redor da nascente e no leito do rio. Porém, há cultivo de cana bem próximo do leito do rio (Figura 7).

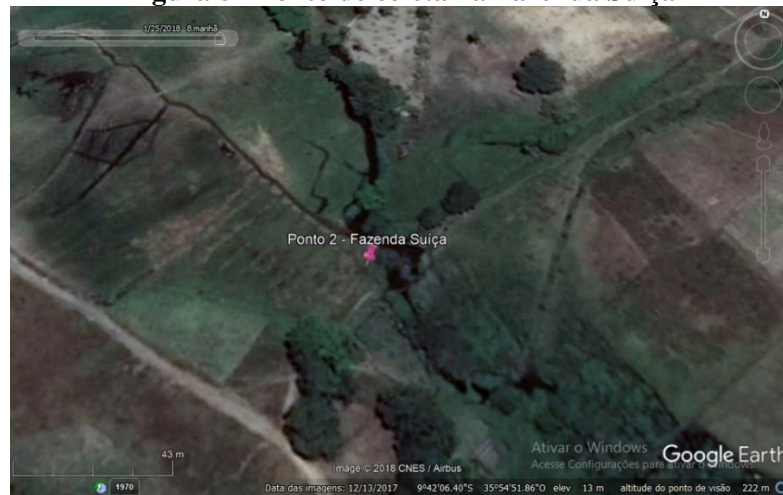
Figura 7 - Ponto de coleta na nascente do rio Estiva



Fonte: Google Earth (2018).

Ponto 2: Área de provável influência do lixão, localizado no Povoado Fazenda Suíça, ao redor do ponto de coleta temos a influência tanto da plantação da cana-de-açúcar como da criação de gado, estes aspectos podem interferir na análise físico-química e biológica da água do rio, devido aos agrotóxicos utilizados na plantação e cultivo da cana-de-açúcar, bem como os dejetos dos animais que podem ser carregados para o leito do rio (Figura 8).

Figura 8 - Ponto de coleta na Fazenda Suíça



Fonte: Google Earth (2018).

Ponto 3: Área de captação de água do SAAE, localizado próximo à estação de tratamento, observa-se a presença da mata ciliar ainda preservada, mesmo com a construção de condomínios e crescimento urbano nas proximidades (Figura 9).

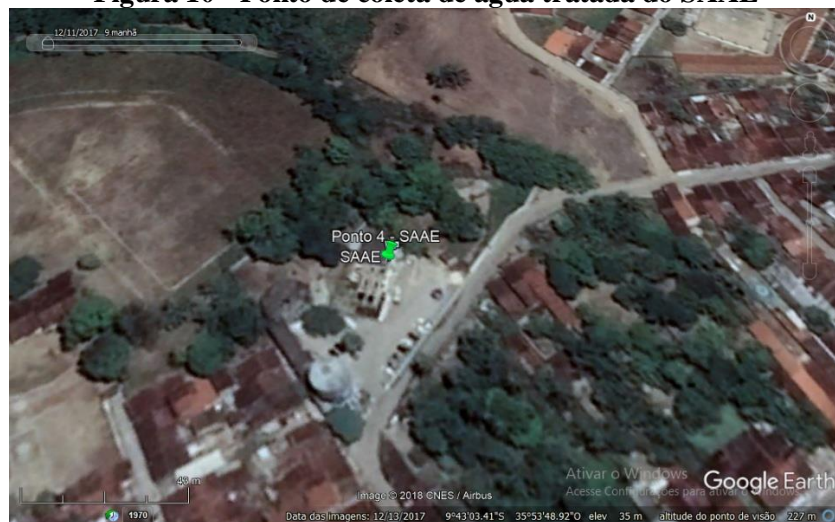
Figura 9 - Ponto de coleta na área de captação do SAAE



Fonte: Google Earth (2018).

Ponto 4: Água tratada do rio Estiva, foi coletada na torneira do laboratório do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), logo após o tratamento. Esta água é a mesma distribuída para os 7 bairros do município (Figura 10).

Figura 10 - Ponto de coleta de água tratada do SAAE



Fonte: Google Earth (2018).

3.3 Mapeamento da drenagem e direcionamento do lixiviado oriundo do lixão desativado de Marechal Deodoro

Para identificar o escoamento superficial da água, o geógrafo Paulo Santos Neto utilizou o programa Global Mapper, junto com as imagens do radar SRTM, que fornecem a altitude do local. Logo após, o programa calculou o direcionamento da drenagem de acordo com a declividade do terreno.

3.4 Tratamento, distribuição e qualidade da água do rio Estiva para a população de Marechal Deodoro

A água do Rio Estiva é captada e tratada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), administrado pela Prefeitura Municipal de Marechal Deodoro, e tratada em uma estação de tratamento de água (ETA) de ciclo completo.

Para entender como é feito o tratamento e distribuição da água do rio para população, foram realizadas visitas à estação de tratamento de água do SAAE, acompanhada por técnicos que mostraram todo procedimento, desde a captação da água do rio (Figura 11), até a distribuição para os bairros.

Figura 11 - Ponto de captação de água do rio para tratamento no SAAE.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.5 Análise dos parâmetros físicos da água do rio Estiva e água tratada

3.5.1 Condutividade Elétrica, Temperatura e Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os parâmetros físicos: condutividade elétrica, temperatura e sólidos totais dissolvidos, foram analisados em campo com um medidor portátil Hanna (Figura 12), disponibilizado pelo Laboratório de Sedimentologia Aplicada da Universidade Federal de Alagoas. Os demais parâmetros foram analisados no LSA/CTEC da Universidade Federal de Alagoas, seguindo suas respectivas metodologias.

Figura 12 - Análise de Condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos e temperatura.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.5.2 Turbidez

A determinação da turbidez pelo método nefelométrico é adotado nas atividades de controle de poluição da água e de verificação do parâmetro físico nas águas consideradas potáveis. O turbidímetro é o aparelho utilizado para a leitura, constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (BRASIL, 2014).

Entende-se por nefelometria a medida da quantidade de luz refletida devido à presença de material sólido suspenso, a partir da luz dispersa num ângulo de 90° em relação a um feixe de luz incidente. Quanto maior a intensidade da luz espalhada, maior será a turbidez da amostra.

Para análise de turbidez foi inicialmente calibrado o turbidímetro PoliControl AP 200 do LSA/CETC/UFAL (Figura 13A), seguindo as orientações do fabricante, as amostras foram

agitadas vigorosamente e depois aguardou-se até o desaparecimento das bolhas de ar. Transferiu-se uma alíquota das amostras para um cubeta e em seguida introduzi-las, uma de cada vez, no turbidímetro e em seguida feita sua leitura (Figura 13B). Não foi necessário diluir as amostras.

Figura 13 - Procedimentos para análise da turbidez.



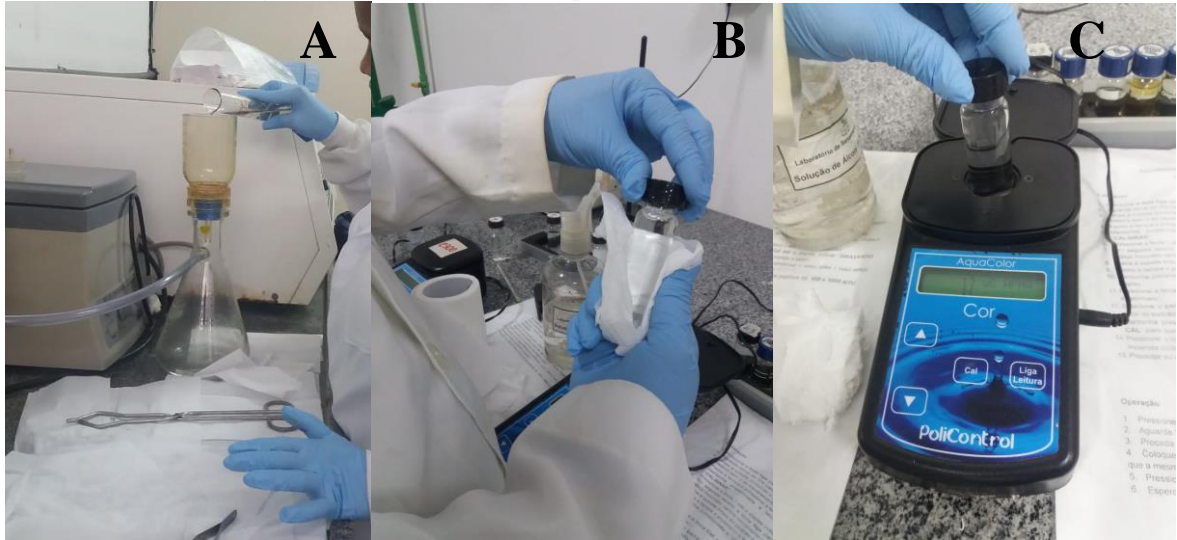
Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.5.3 Cor verdadeira

A determinação da intensidade da cor da água é feita comparando-se a amostra com um padrão de cloroplatinato de potássio (K_2PtCl_6), sendo o resultado fornecido em unidades de cor UC. As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 UC (BRASIL, 2014)

Para análise da cor verdadeira das amostras, foram seguidas as metodologias do colorímetro AquaColor Policontrol (Figura 14), do LSA/CTEC/UFAL, o qual foi inicialmente calibrado, de acordo com as orientações do fabricante. Em seguida, filtrou-se 50 ml de cada amostra em uma bomba de vácuo (Figura 14A), com membrana de filtração de diâmetro de poro de $0,45 \mu m$ (para análise de cor aparente não é preciso filtrar a amostra), para que não haja interferência da turbidez na determinação da cor. Depois de filtradas as amostras foram colocadas em uma cubeta, tampadas e limpas com papel macio (Figura 14B), introduzidas uma a uma no aparelho e feita a leitura da cor verdadeira (Figura 14C).

Figura 14 - Procedimentos para análise da cor verdadeira.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.6 Análise dos parâmetros químicos da água do rio Estiva e água tratada

3.6.1 pH

O pH foi analisado em campo, logo após a coleta de cada amostra, com o medidor portátil Hanna apresentado anteriormente na Figura 12.

3.6.2 Nitrogênio Amoniacal

A determinação do Nitrogênio Amoniacal foi feita através do *Standarts Methods*, seguindo as orientações do LSA/CTEC/UFAL.

Para análise de Nitrogênio Amoniacal, mediou-se 50 ml de cada amostra em uma proveta, em seguida transferiu-se as amostras para um Becker de 100 ml, adicionou-se três gotas de fenolftaleína (Figura 15A), mais algumas gotas de hidróxido de sódio até que a amostra fique rosa (processo realizado para corrigir o pH) (Figura 15B). Para amostra do branco utilizou-se 50 ml de água destilada.

Separadamente, em um balão de Erlenmeyer de 100 ml, foram adicionados 50 ml de ácido bórico (Figura 15C) mais quatro gotas da solução indicadora mista para Nitrogênio Amoniacal (Figura 15D).

Após a preparação, as amostras foram colocadas para destilar no destilador de Nitrogênio/Proteína SPLABOR (Figura 15E), a destilação foi recebida no erlenmeyer contendo o ácido bórico e a solução indicadora mista de nitrogênio amoniacal, até completar 100 ml.

Logo após, levou-se os erlenmeyers com as amostras para o agitador magnético (Figura 15F) e adicionou-se, gota a gota, ácido sulfúrico até o aparecimento da cor rosa, os valores gastos de ácido sulfúrico e concentração do mesmo foram anotados para posterior cálculo.

A quantidade de Nitrogênio Amoniacal, nas amostras, foi obtida através da equação:

$$NA = \frac{(LA - LB). CAS. 14000}{VA}$$

Onde,

NA = Nitrogênio Amoniacal (ml/L)

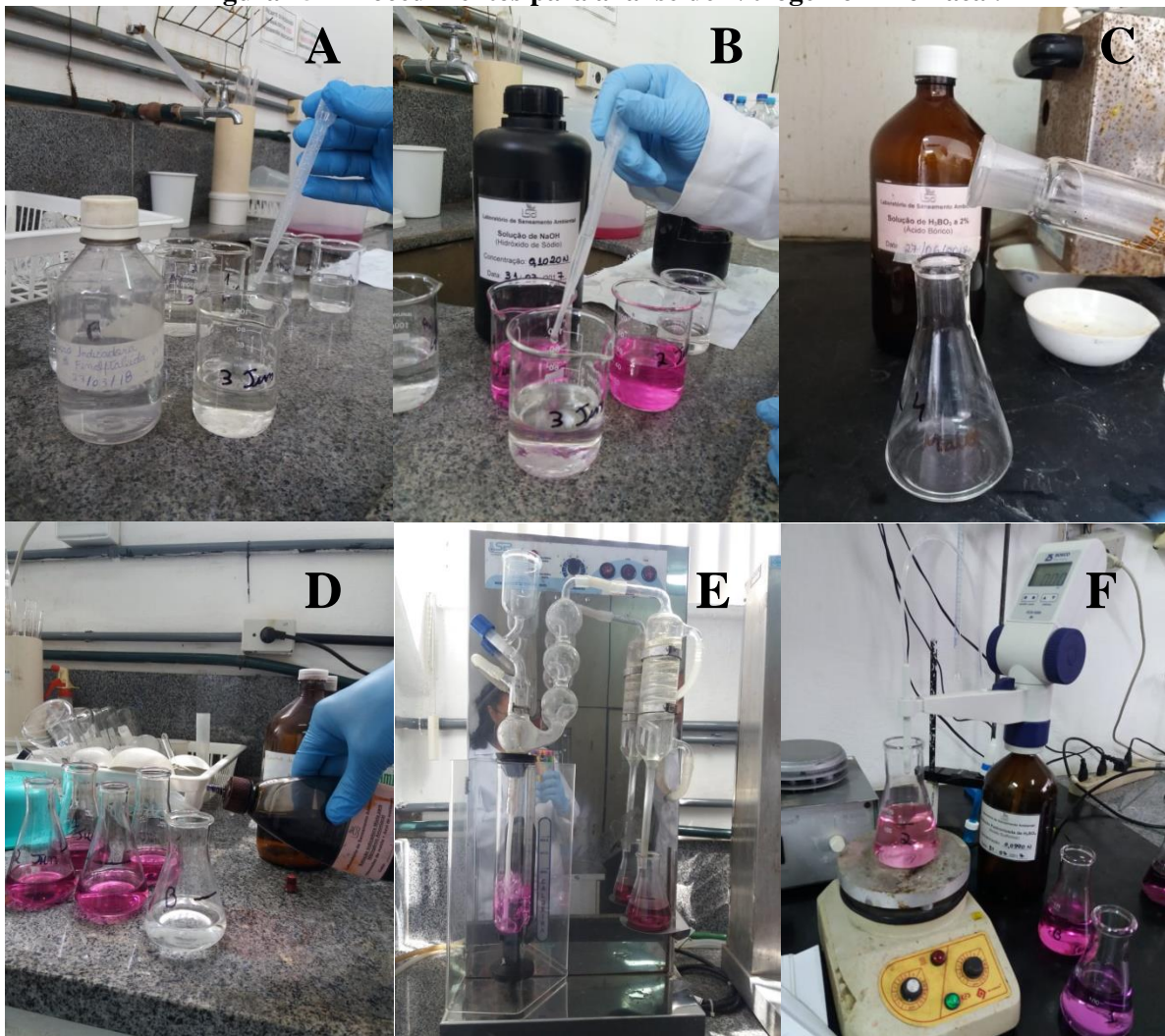
LA = leitura do volume de ácido sulfúrico gasto na amostra.

LB = leitura do volume de ácido sulfúrico gasto no branco.

CAS = Concentração do ácido sulfúrico utilizado na análise.

VA = volume utilizado da amostra.

Figura 15 - Procedimentos para análise de Nitrogênio Amoniacal.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.6.3 Cloreto

A determinação do Cloreto na água foi feita através do método de MOHR, utilizado por Silva e Oliveira (2001), segundo orientações do Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas.

O cloreto presente em amostras de águas de abastecimento, águas residuais domésticas e efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), pode ser determinado por titulação com uma solução padrão de nitrato de prata, após pré-tratamento das amostras. Durante a titulação, os íons cloretos são precipitados na forma de cloreto de prata, de acordo com a equação: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{AgCl}$. O cromato de potássio é comumente utilizado como indicador do ponto final da

reação. O indicador forma com o excesso de nitrato de prata, o precipitado vermelho de cromato de prata conforme a equação: $2\text{Ag}^+ + \text{CrO} \leftrightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}$ (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Para análise de Cloreto no laboratório, foram utilizados 100ml de cada amostra e despejadas em um erlenmeyer de 250ml, identificados de acordo com cada amostra. Para o branco foi utilizado 100 ml de água destilada.

Foi determinado o pH de cada amostra. Quando o pH da amostra não estava entre 7 e 10, o mesmo foi corrigido para esta faixa, sendo adicionado lentamente uma solução de ácido sulfúrico (para baixar o pH) ou hidróxido de sódio (para elevar o pH) (Figura 16A).

Após corrigir o pH de cada amostra foi adicionado 01 ml da solução indicadora de cromato de potássio a cada erlemeyer contendo as amostras (Figura 16B), em seguida cada amostra foi titulada com a solução padrão de nitrato de prata até o aparecimento de uma coloração levemente avermelhada (Figura 16C), foram anotados os volumes gastos da solução padrão de nitrato de prata em cada amostra e a concentração da solução utilizada (figuras 16A a 16C).

A determinação do Cloreto foi feita através da equação:

$$\text{Cloreto (ml/l)} = \frac{(V_{\text{amostra AgNO}_3} - V_{\text{branco AgNO}_3}) \cdot N_{\text{AgNO}_3} \cdot 35500}{V_{\text{amostra}}}$$

Onde,

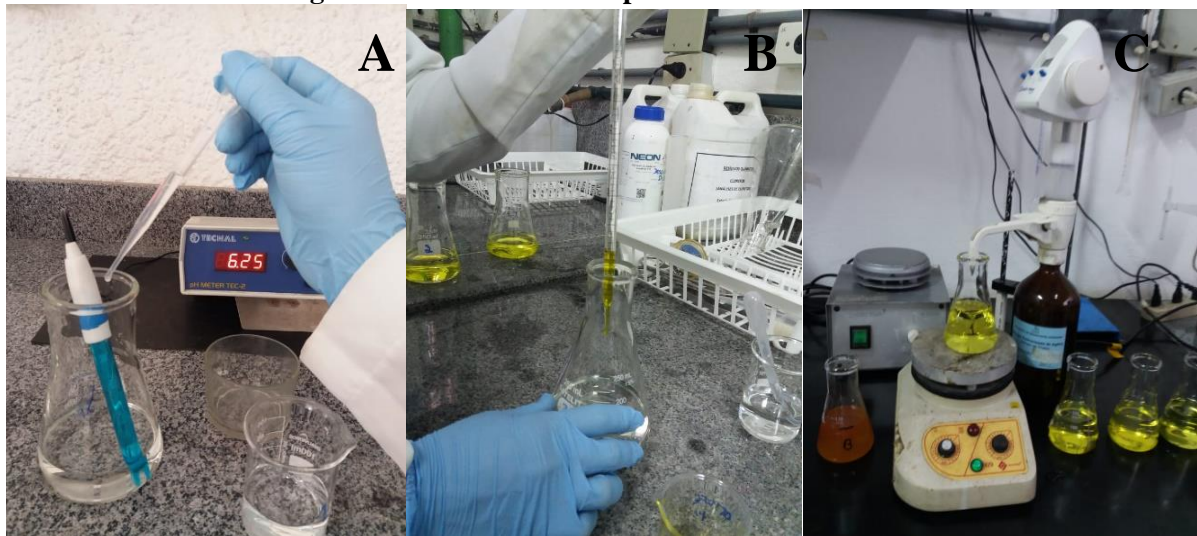
$V_{\text{amostra AgNO}_3}$ = Volume da solução padrão de nitrato de prata gasto na titulação da amostra, em ml;

$V_{\text{branco AgNO}_3}$ = Volume da solução padrão de nitrato de prata gasto na titulação da água destilada (branco), em ml;

N_{AgNO_3} = normalidade da solução de nitrato de prata usada;

V_{amostra} = Volume da amostra em ml.

Figura 16 - Procedimentos para análise de Cloreto.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.6.4 Ferro

A determinação de Ferro foi feita através do Método do Espectrofotométrico do *Standards Methods* (APHA, 2005), seguindo as orientações do LSA/CTEC/UFAL.

Para determinação do ferro foram utilizados 50ml de cada amostra e foram colocadas em um Becker de 100ml (para o branco foi utilizado 50ml de água destilada), foram acrescentados 2ml da ácido clorídrico concentrado e 1ml da solução de hidroxilamina 10%. Os Becker com as amostras foram levados para chapa elétrica de aquecimento (Figura 17A); esperou-se as amostras evaporarem até que ficou aproximadamente um terço do volume inicial. Em seguida, os volumes restante foram transferidos para balões volumétricos de 50ml, corretamente identificados de acordo com cada amostra, acrescentando 10ml da solução tampão de acetato de amônio e 2ml da solução de orto-fenantrolina. O volume do balão foi completado com água destilada até a marca de aferição de 50ml e homogeneizada a amostra (Figura 17B). Após 15min, foi feita a leitura no espectrofotômetro (Figura 17C) em transmitância ou absorvância com escala de 510nm usando tubos padrões. Foi utilizado o branco para zerar o espectrofotômetro.

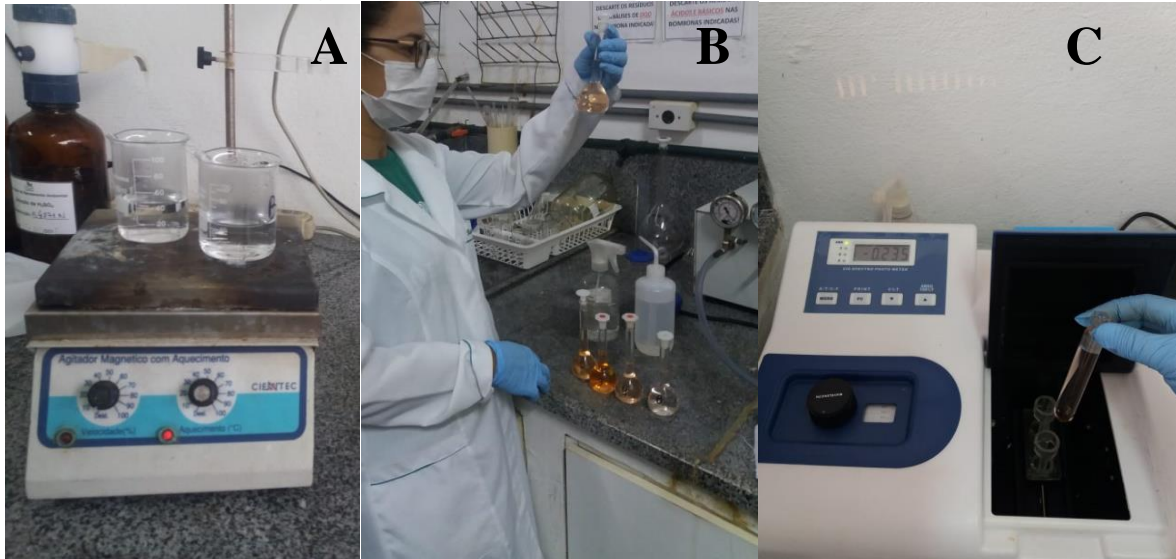
Após a anotação dos valores obtidos para cada amostra. Foi utilizada a média para o cálculo do ferro através da equação:

$$\text{Ferro (mg/L)} = 3,8705X + 0,2876$$

Onde,

X = valor médio da leitura de cada amostra no espectrofotômetro a 510nm.

Figura 17 - Procedimentos para análise de ferro.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.6.5 Fósforo

A determinação do Fósforo foi feita através do Método do Ácido Ascórbico após digestão com persulfato do *Standarts Methods* (APHA. 2005), seguindo as orientações do Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas.

Para análise de fósforo na água, foi utilizado 0,4g de persulfato de amônio $[(NH_4)_2S_2O_8]$, pesados em uma balança de precisão em um erlenmeyer de 125 ml para cada amostra (Figura 18A). Logo após, foram adicionados 5ml da amostra em seus respectivos erlenmeyers identificados de acordo com cada ponto de coleta. Adicionou-se 20ml de água destilada em cada erlenmeyer contendo as amostras e 25ml no erlenmeyer do Branco, contendo apenas 0,4g de persulfato de amônio (Figura 18B). Em seguida foi adicionado 1 gota da solução indicadora de fenolftaleína.

Quando, após a adição da solução indicadora de fenolftaleína, aparecia a cor rósea, característica do indicador em meio básico, foi adicionado a cada um dos erlenmeyers, gota a gota, a solução de digestão de ácido sulfúrico, até o desaparecimento da cor. Logo após, os erlenmeyers foram agitados, cobertos com papel alumínio (Figura 18C) e levados à autoclave,

inclusive o branco. Quando a autoclave atingiu temperatura entre 121°C e 127°C, as amostras permaneceram por mais 30 min.

Passados os 30min., a autoclave foi desligada e removidas as amostras, deixando-as resfriar até atingir a temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras foram transferidas para balões volumétricos de 50ml (identificados de acordo com cada amostra) e foi adicionada uma gota do indicador de fenolftaleída em cada amostra e neutralizadas com solução de hidróxido de sódio (concentração 1N), ou seja, gotejou-se a solução de hidróxido de sódio até o aparecimento da cor rósea (Figura 18D). Em seguida, o volume dos balões foi completado com água destilada até a marca de aferição de 50ml e retornou-se todo o conteúdo dos balões para os erlenmeyers de 125ml.

Enquanto as amostras estavam na autoclave, foi preparada a solução do reagente combinado, em um béquer de vidro de 250ml foram misturados na ordem: 25ml da solução de ácido sulfúrico 5N; 2,5ml da solução de tartarato de antimônio e potássio; 7,5ml da solução de molibdato de amônio; e 15ml da solução de ácido ascórbico. Após as soluções atingirem a temperatura ambiente as mesmas foram misturadas. Este reagente só é estável por 4 horas.

Foram adicionados aos erlenmeyers contendo as amostras digeridas, inclusive o branco, 8ml do reagente combinado (Figura 18E), e entre 10 e 30min foi feita a leitura no espectrofotômetro a 880nm (Figura 18F).

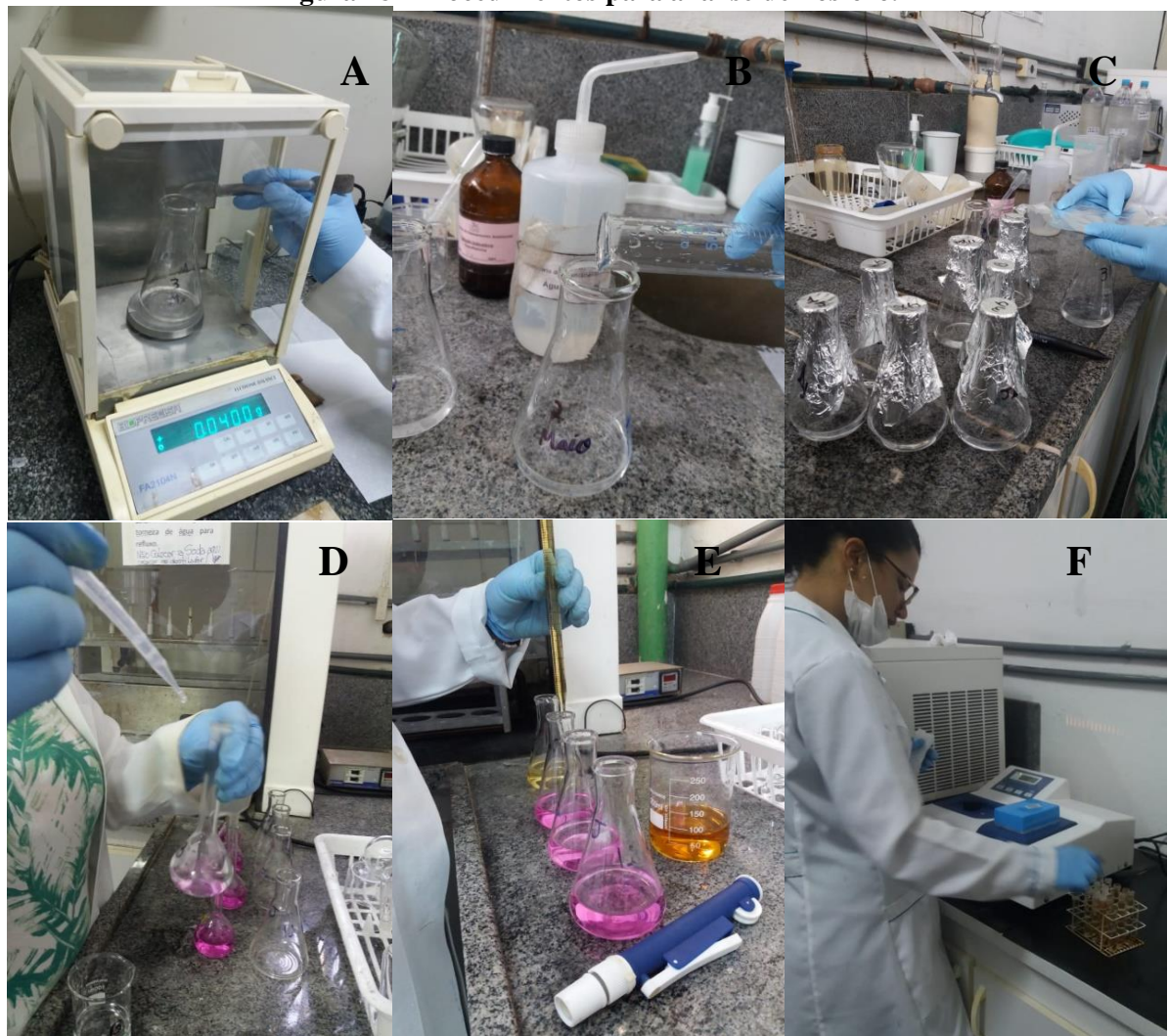
Os valores das leituras de cada amostra foram anotados, calculou-se a média e em seguida os valores foram aplicados na fórmula:

$$\text{Fósforo (mg/L)} = 12,915X + 0,1557$$

Onde,

X = valor médio da absorbância de cada amostra lida no espectrofotômetro a 880nm

Figura 18 - Procedimentos para análise de Fósforo.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.7 Análise dos parâmetros biológicos da água do rio Estiva e água tratada

3.7.1 Coliformes Totais e *E. Colli*

A determinação da presença de Coliformes Totais e Coliformes E-Coli foi feita através do Método do plaqueamento em superfície em meio Chromocult Coliform Agar (Merck), incubadas em estufa incubadora de DBO a 35°C por 24h, seguindo as orientações do LSA/CTEC/UFAL. O Chromocult® Coliformes Agar é um meio de cultura cromogênico seletivo e diferencial para a detecção simultânea de coliformes totais e *E. coli*.

Para análise de coliformes foram utilizados fracos autoclavados e protegidos de possíveis contaminações. Após a coleta, as amostras foram conservadas a 4°C e sua análise foi feita no mesmo dia da coleta.

Todos os equipamentos utilizados durante a análise foram esterilizados após cada amostra (Figura 19A). Em um equipamento de filtração com porta-filtro, foi colocada cuidadosamente a membrana de filtração estéril de diâmetro de poro de 0,45 µm com auxílio de uma pinça de aço inox, também esterilizada, os fracos contendo as amostras foram agitados pelo menos 25 vezes, e filtrados cuidadosamente 100ml de cada amostra, evitando que a água respingue sobre as bordas superiores. A bomba de vácuo foi ligada e procedida a filtração (Figura 19B).

Após a filtração, a membrana foi retirada com auxílio de uma pinça esterilizada e colocada em uma placa de Petri (Figura 19C), previamente preparada (adicionou-se 4 a 5 gotas água de diluição para umedecer a placa). A placa de Petri foi fechada e identificada de acordo com as amostras (Figura 19D), logo em seguida as placas foram levadas a incubadora a 36°C durante 24h (Figura 19E).

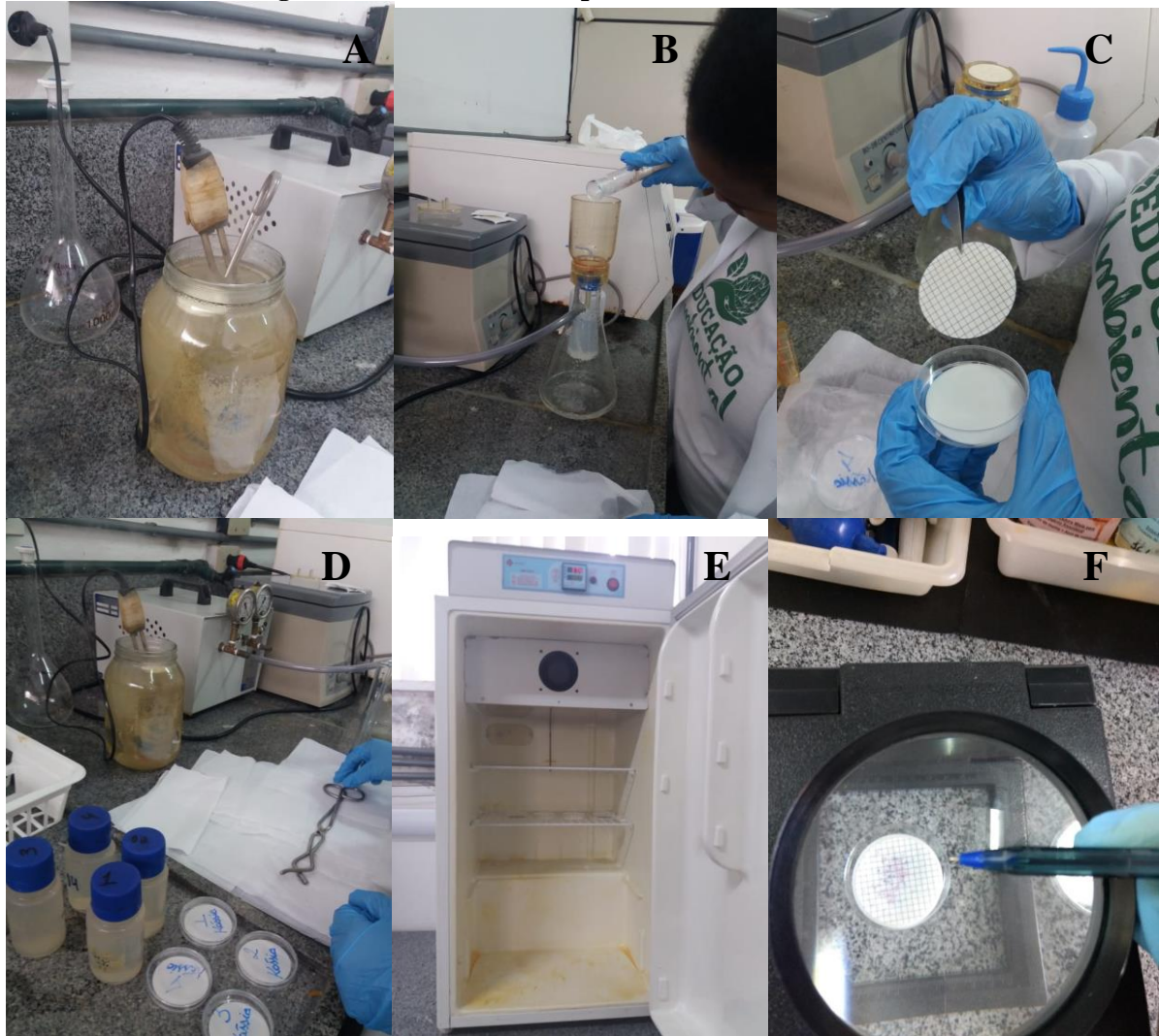
Após 24h foi feita a leitura através da contagem das colônias (Figura 19F), de acordo com as cores resultantes, como mostra a Quadro 5:

Quadro 5 - Detecção das enzimas de acordo com o método de filtração em membrana.

Microorganismos	Enzimas	Substrato cromogênico do meio	Coloração
Coliformes totais	β-galactosidase	6-cloro-3-indolil-3-β-D-galactopiranoside (SALMON-GAL)	Salmão / Vermelho
E. Coli	β-glucuronidase e tryptophanase β-galactosidase	Ácido 5-bromo-4-cloro-3-indoxil-β-D-glucurônico, sal ciclohexilamônio (XGLUC) e 6-cloro-3-indolil-3-β-D-galactopiranoside (SALMON-GAL).	Violeta / Azul
Bactérias heterotróficas	(--)	(--)	Amarelo esbranquiçado

Fonte: *Standants Methods* (APHA, 2005).

Figura 19 - Procedimentos para análise de Coliformes.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

3.8 Análise dos metais presentes na água do rio Estiva e na água tratada

Para análise de metais, foram coletadas amostras nos meses de janeiro e julho de 2018, as quais representam os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Levando em consideração os dados fornecidos por Santos *et.al.* (2017), de acordo com a precipitação mensal do município, o mês de janeiro é o mais seco, enquanto o mês de julho o mais chuvoso.

As amostras coletadas para análise de metais foram encaminhadas para um laboratório especializado, o SGS Environ Ltda, localizado no Rio de Janeiro – RJ.

Foram analisada a presença de 13 metais nos 3 pontos de coleta o rio Estiva, e na água tratada, sendo eles: Prata (Ag), Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre

(Cu), Potássio (K), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Sódio (Na), Chumbo (Pb), Selênio (Se) e Zinco (Zn), além da análise de Cianetos (compostos químicos que contêm o grupo ciano $-C\equiv N$, com uma ligação triplíce entre o átomo de carbono e o de nitrogênio).

Para análise dos metais, o laboratório SGS Environ Ltda utilizou o método PA 5.4.42-07CR – Determinação de Metais em amostras de Água, Solo, Resíduos Sólido, Cal, Filtro e Sedimento.

Já para determinação de Cianeto o laboratório utilizou o método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-F, 2012 22st E. Cyanide - Selective Electrode Method.

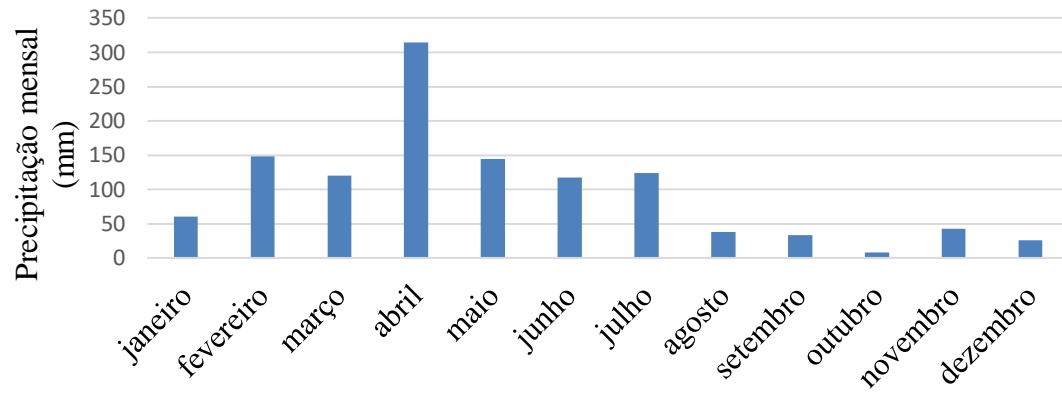
3.9 Precipitação pluviométrica em Marechal Deodoro

Todos os resultados obtidos nas análises físico-químicas e biológicas da água da água tratada e da água do rio Estiva foram levados em consideração os dados pluviométricos, uma vez que, os dados do período seco e chuvoso serão comparados.

Além disso, a precipitação pluviométrica é variável determinante dos resultados, pois com o aumento do escoamento superficial são levadas mais partículas e poluentes para calha do rio, além de diluir e/ou aumentar a concentração dos mesmos nos corpos hídricos, modificando temperatura, cor, pH, turbidez, presença de metais e demais variáveis (MALHEIROS *et al.*, 2012).

Segundo Santos *et al.* (2017), em Marechal Deodoro os meses com maiores índices de precipitação são de abril a julho, já os meses de menores precipitação são de outubro a janeiro.

Nos dados obtidos através do pluviômetro da Usina Sumaúma, localizado à 3km do antigo lixão do município, observa-se que o período de maior precipitação mensal foi nos meses de fevereiro a julho, já o período de menor precipitação foi de agosto a dezembro (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Precipitação mensal em Marechal Deodoro em 2018.

Fonte: Usina Sumaúma (2018).

Sendo assim, iremos considerar o período chuvoso a média dos valores obtidos nos meses de fevereiro a julho, e o período seco a média dos valores obtidos nos meses de agosto a dezembro.

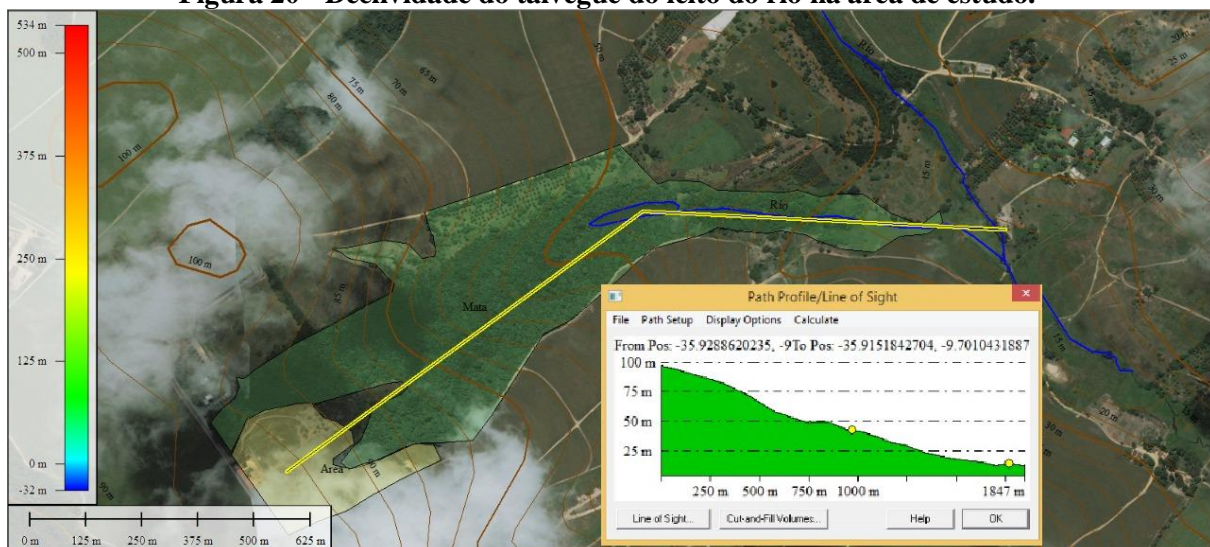
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Drenagem e direcionamento da água superficial na área do lixão

Os dados obtidos através do programa Global Mapper e as imagens do radar SRTM utilizado, possibilitou identificar e/ou confirmar a direção do escoamento superficial das águas para o leito do Rio. No entanto, existem outros fatores que também influenciam na infiltração, escoamento da água superficial e do lixiviado, tais como: o tipo de solo e o seu uso e a vegetação presente na área.

A figura 20 mostra a declividade do solo, desde a área do lixão desativado até o leito do rio Estiva.

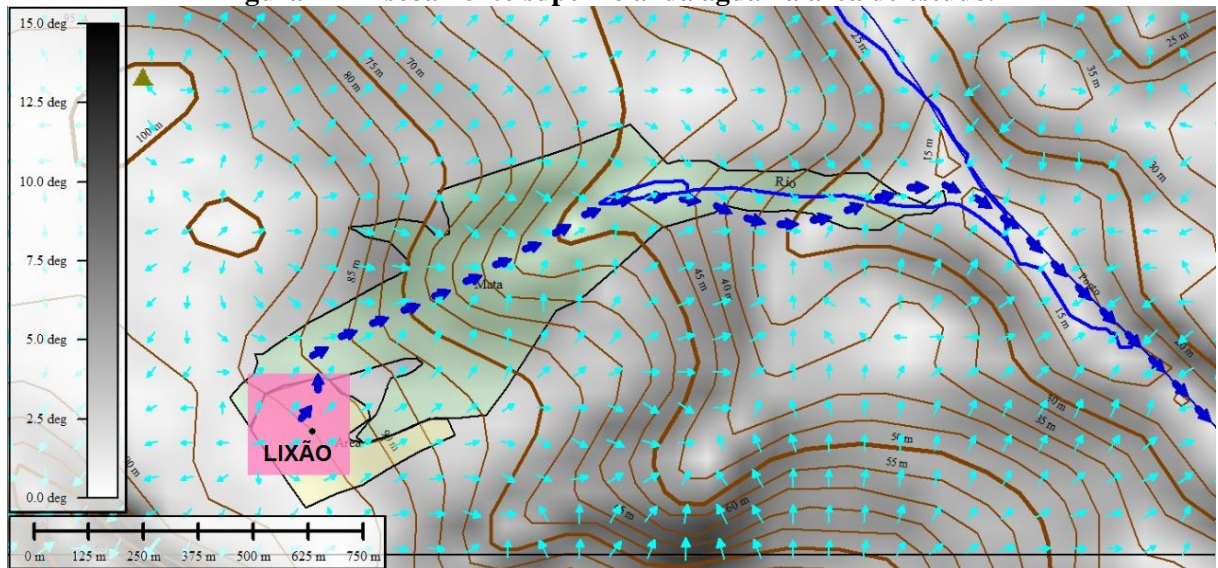
Figura 20 - Declividade do talvegue do leito do rio na área de estudo.



Fonte: Paulo Santos Neto (2018).

Já na figura 21, observa-se outras direções de escoamento superficial da água que cai sobre a área do lixão.

Figura 21 - Escoamento superficial da água na área de estudo.



Fonte: Paulo Santos Neto (2018).

Desta forma, pode-se dizer que a maior parte da água superficial, bem como o líquido percolado gerado no lixão, tinha como principal direcionamento o leito do rio Estiva. Fato também observado durante a visita na área do lixão, em janeiro de 2017 (Figura 22A). Após encerramento do lixão, o mesmo foi coberto com solo argiloso e compactado, desta forma evitando o escoamento superficial do líquido lixiviado, como mostra a figura 22B.

Figura 22 - Escoamento superficial do líquido lixiviado no lixão desativado, em janeiro de 2017.



Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo, 2017.

O direcionamento superficial da água e do percolado não afirma a contaminação do rio Estiva pelo lixão desativado, mas sim, pressupõe uma possível contaminação do rio, esta

contaminação poderá ser confirmada, ou não, através das análises físico-químicas e biológicas da água do rio.

4.2 Qualidade da água do rio Estiva

4.2.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

Para apresentação dos resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Estiva, foram consideradas as médias aritméticas dos dados obtidos no período seco e chuvoso, bem como o desvio padrão, apresentados nas tabelas 1 e 2.

Para comparação dos dados utilizou-se os Valores Máximos Permitidos (VMPs) da Resolução Conama N°357/2005, sendo o rio Estiva classificado como rio de águas doces de classe II devido ao uso de sua água poder ser destinado ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; e os autores Pereira *et al.* (2013), que avaliaram a qualidade da água superficial do rio Juma próximo ao Lixão do Município de Apuí/AM, e Silva *et al.* (2018), que avaliaram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do lixão de Salinópolis, PA, conforme a Tabela 1 e 2.

Os valores de cada parâmetro, analisados mês a mês, estão sendo comparados com a precipitação mensal do mesmo ano, com objetivo de melhor interpretação e análise dos resultados.

Tabela 1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água do rio Estiva, no período chuvoso (fevereiro a julho de 2018).

Parâmetro	Ponto	Méd.	DP	Limites CONAMA (Resolução N° 357)	Pereira <i>et al</i> (2013)	Silva <i>et al</i> (2018)
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	P.1	70	19,66	-	-	27
	P. 2	70	99,12			
	P. 3	95	64,18			
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	P.1	30	10,32	500	20	14,4
	P. 2	25	80,16			
	P. 3	35	31,41			
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	P.1	27,4	0,91	-	26	-
	P. 2	27,5	1,21			
	P. 3	27,5	0,59			
Turbidez (UNT)	P.1	2,7	0,51	100 UNT	21,5	3,8
	P. 2	11,4	5,41			
	P. 3	12,8	7,37			
Cor Verdadeira (UC)	P.1	19,5	7,78	75 UC	11,5	-
	P. 2	20	9,94			
	P. 3	18	8,98			
pH	P.1	5,4	0,25	Entre 6,0 e 9,0	6,0	4,72
	P. 2	5,7	0,24			
	P. 3	5,8	0,28			
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	P.1	0	0	3,7mg/L N, para pH $\leq 7,5$	-	-
	P. 2	0	0			
	P. 3	0	0			
Cloreto (mg/L)	P.1	9,8	4,26	250	5	-
	P. 2	10,6	6,43			
	P. 3	11,4	3,58			
Ferro (mg/L)	P.1	0,4	0,08	0,3	-	0,231
	P. 2	0,5	0,24			
	P. 3	0,8	0,30			
Fósforo (mg/L)	P.1	0,1	0,10	Ambiente Lótico 0,1	0,015	-
	P. 2	0,4	0,44			
	P. 3	0,3	0,21			
Coliformes totais (UFC/100ml)	P.1	43,3	68,28	1.000	685	-
	P. 2	76,6	51,36			
	P. 3	71	68,16			
Coliformes E.Colli (UFC/100ml)	P.1	16,6	15,87	1.000	-	155,71
	P. 2	121	131,61			
	P. 3	145	150,32			

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2019).

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água do rio Estiva, no período seco (janeiro e agosto à dezembro de 2018).

Parâmetro	Ponto	Méd.	DP	Limites CONAMA (Resolução N° 357)	Pereira <i>et al</i> (2013)	Silva <i>et al</i> (2018)
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	P.1	30	0	-	-	39
	P. 2	40	23,45			
	P. 3	40	7,07			
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	P.1	10	0,44	500	13,5	17
	P. 2	20	12,24			
	P. 3	10	0,89			
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	P.1	27,7	0,81	-	26,9	-
	P. 2	28,4	1,27			
	P. 3	29,2	1,09			
Turbidez (UNT)	P.1	2,6	3,37	100 UNT	8	2,8
	P. 2	10,1	14,29			
	P. 3	10,7	5,67			
Cor Verdadeira (UC)	P.1	15	2,58	75 UC	-	-
	P. 2	13	1,09			
	P. 3	18	6,37			
pH	P.1	5,4	0,52	Entre 6,0 e 9,0	5,9	4,78
	P. 2	6,1	0,27			
	P. 3	5,8	0,63			
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	P.1	0	0	3,7mg/L N, para pH $\leq 7,5$	-	-
	P. 2	0	0			
	P. 3	0	0			
Cloreto (mg/L)	P.1	7,4	4,27	250	2,9	-
	P. 2	8,2	1,97			
	P. 3	8,7	1,87			
Ferro (mg/L)	P.1	0,3	0,03	0,3	-	1,404
	P. 2	0,4	0,10			
	P. 3	0,6	0,14			
Fósforo (mg/L)	P.1	0,3	0,29	Ambiente Lótico 0,1	0,017	-
	P. 2	0,1	0,01			
	P. 3	0,2	0,06			
Coliformes totais (UFC/100ml)	P.1	24,2	36,11	1.000	625	-
	P. 2	45,2	19,01			
	P. 3	40,6	19,32			
Coliformes E.Colli (UFC/100ml)	P.1	32,4	32,02	1.000	-	46,66
	P. 2	52	24,07			
	P. 3	93,8	29,59			

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2019).

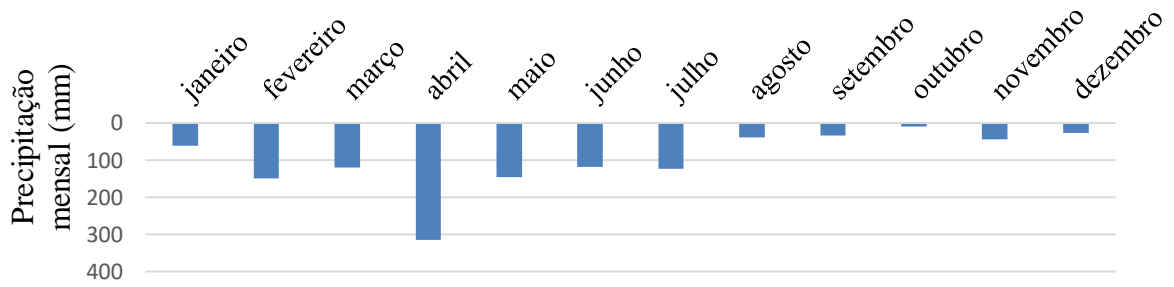


Gráfico 3 - Condutividade Elétrica na água do rio Estiva

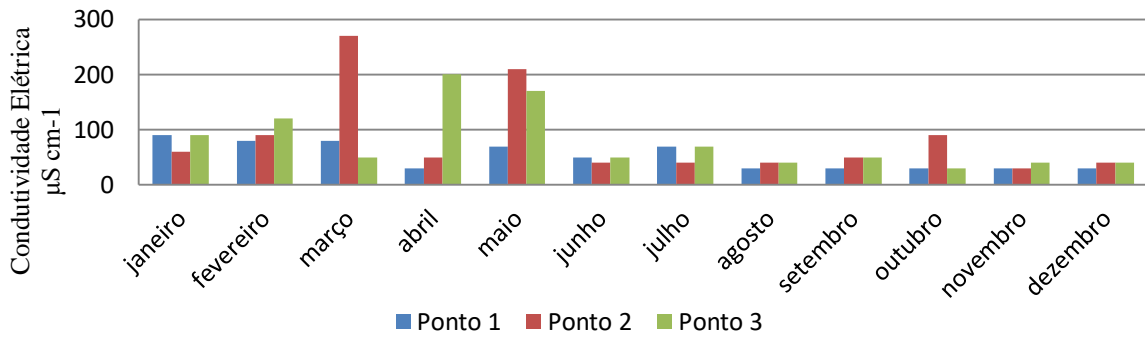
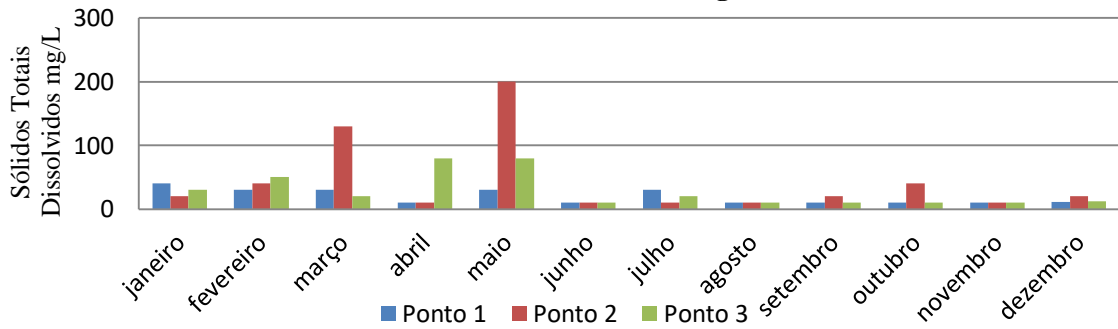
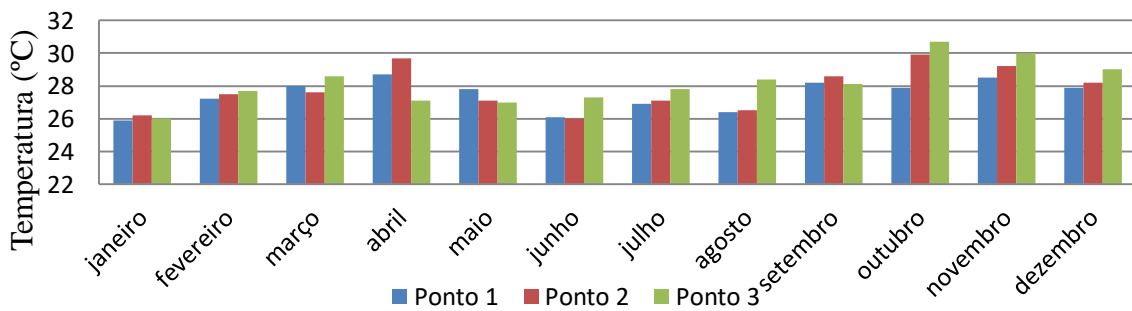


Gráfico 4 - Sólidos Totais Dissolvidos na água do rio Estiva



VMP: 500mg/L

Gráfico 5 - Temperatura na água do rio Estiva



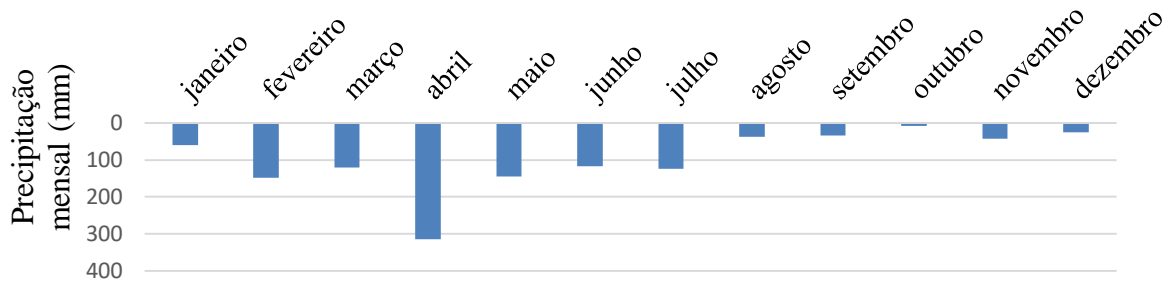
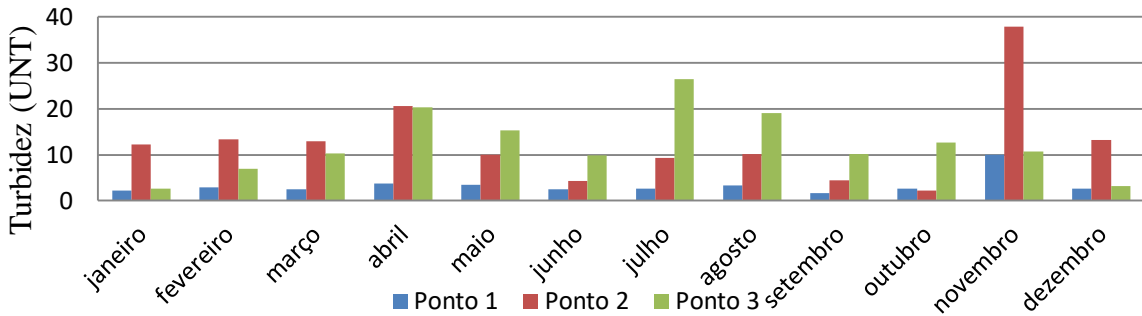
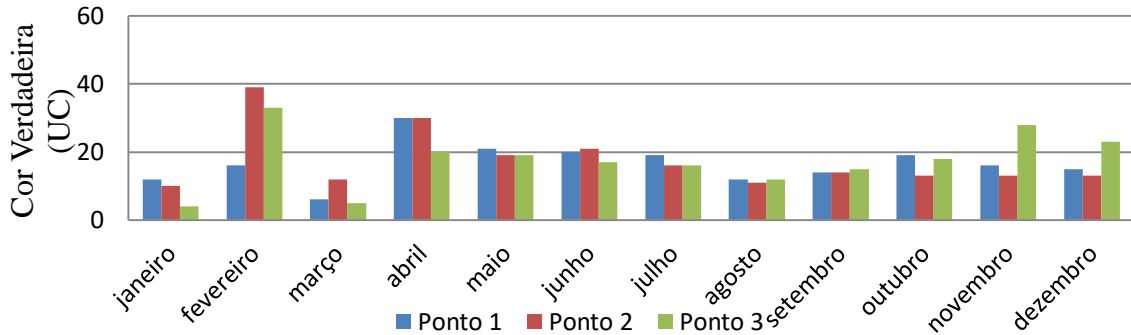


Gráfico 6 - Turbidez na água do rio Estiva



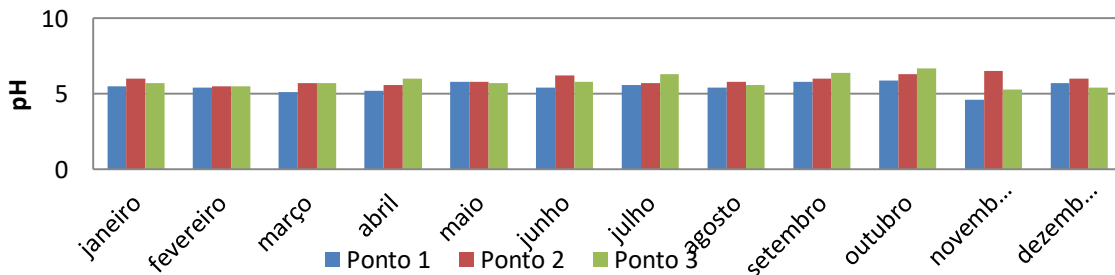
VMP: 100 UNT

Gráfico 7 - Cor verdadeira na água do rio Estiva



VMP: 75 UC

Gráfico 8 - pH na água do rio Estiva



VMP: entre 6,0 e 9,0

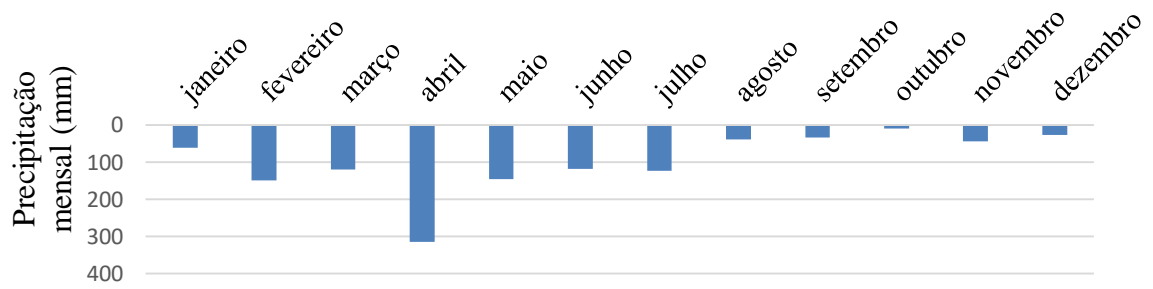
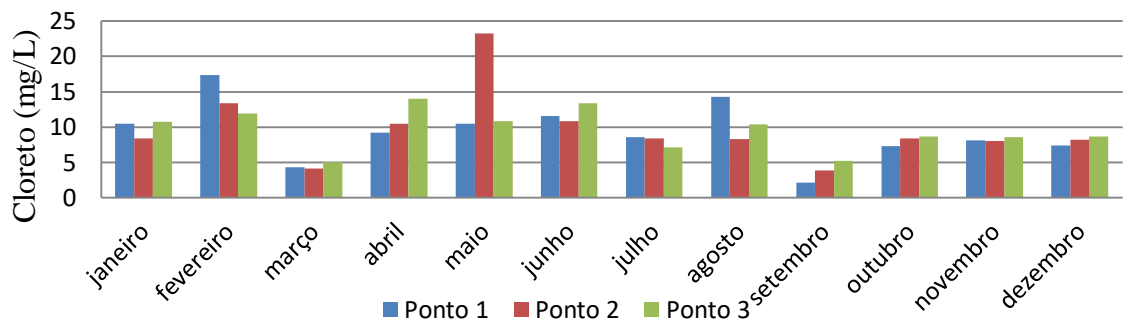
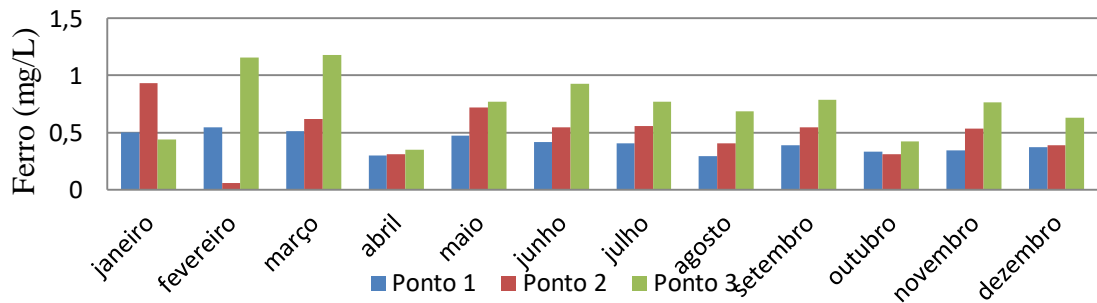


Gráfico 9 - Cloreto na água do rio Estiva



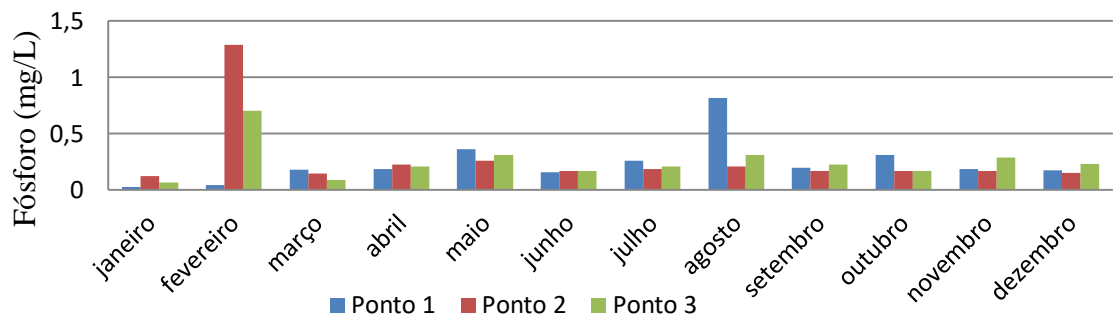
VMP: 250 mg/L

Gráfico 10 - Ferro na água do rio Estiva



VMP: 0,3 mg/L

Gráfico 11 - Fósforo na água do rio Estiva



VMP: 0,1 mg/L

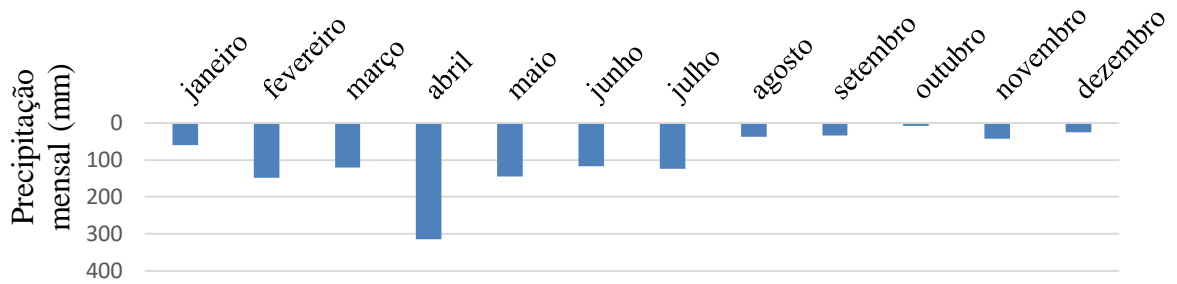
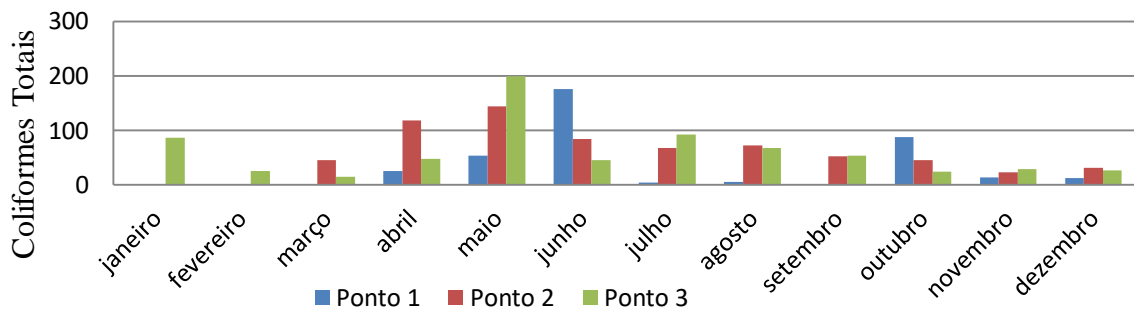
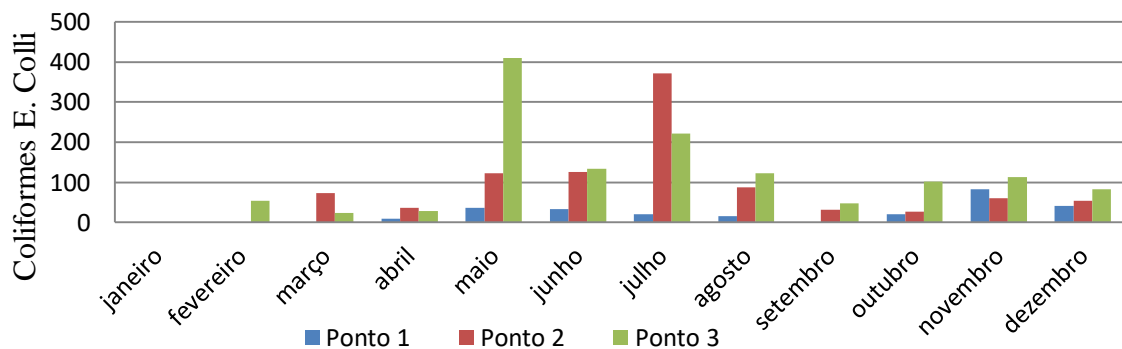


Gráfico 12 - Coliformes totais na água do rio Estiva



VMP: 1.000/100 ml

Gráfico 13 - Coliformes E. Coli na água do rio Estiva



VMP: 1.000/100 ml

A resolução CONAMA não determina VMP de condutividade elétrica. Porém, estudos realizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018), afirmam que níveis de condutividade superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ já indicam ambientes poluídos.

Os valores obtidos da condutividade elétrica (CE) nos três pontos de coleta da água no rio Estiva mostram que no período chuvoso os valores foram bem maiores que no período seco (gráfico 3). O que diverge com Esteves (2011), que diz que a condutividade elétrica geralmente é menor no período chuvoso, devido ao aumento do fator de diluição dos íons. Este fato ocorreu

apenas no mês de abril (mês de maior precipitação), com os pontos P1 e P2. No geral, os meses de menor precipitação foram os que apresentaram menor condutividade elétrica.

Já no estudo realizado por Silva *et al.* (2018), a condutividade elétrica foi maior no período seco, corroborando com a afirmação de Esteves (2011).

No período chuvoso o maior valor foi encontrado no ponto P2 (Fazenda Suíça), no mês de março, o qual apresentou condutividade elétrica de $270 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, já no período seco o maior valor de CE foi de $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Apenas os pontos P2 e P3 apresentaram valores acima de $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e de acordo com a CETESB (2018) pode ser considerado ambiente poluído. A nascente do rio Estiva, em nenhum momento apresentou valores iguais ou maiores que $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Valores mais altos de CE no período chuvoso podem estar relacionados a outros fatores, como por exemplo, o tipo de solo da área de estudo e o arraste de sólidos argilosos da área de drenagem e das margens, principalmente onde há pouca mata ciliar protegendo o rio.

De acordo com Fernandes *et al.* (2017), a quantificação da condutividade elétrica da água permite estimar a quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nela, estando esses dois parâmetros estreitamente relacionados. Quanto maior for a quantidade de STD, maior a condutividade elétrica.

A resolução CONAMA (2005), determina o Valor Máximo Permitido (VMP) de STD de 500 mg/L em rios de Classe 2. Os valores encontrados de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nos três pontos de coleta de água do rio Estiva, não ultrapassaram os valores máximos permitidos do Conama, com variação entre 10 e 200 mg/L no período chuvosos e 10 e 40 mg/L no período seco (gráfico 4).

O valor do STD no ponto P2, do mês de maio foi de 200 mg/L, valor elevado em relação aos demais meses do período chuvoso, o mesmo aconteceu com o valor da condutividade elétrica neste mesmo ponto e no mesmo mês, corroborando com as informações obtidas por Fernandes *et al.* (2017).

No geral, os valores de STD foram maiores no período chuvoso. Da mesma forma, Pereira *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2018), encontraram valores maiores de STD no período chuvoso, e em ambos os casos os valores foram bem próximos aos encontrados no rio Estiva.

Em relação ao parâmetro temperatura, observou-se pouca variação tanto no período seco, quanto no período chuvoso, sendo a temperatura máxima encontrada no período chuvoso de

29,7 °C no ponto P2, no mês de abril, e a máxima no período seco foi de 30,7 °C no ponto P3 no mês de outubro, estando este parâmetro adequado com a legislação (gráfico 5).

A resolução CONAMA 357 não determina VMP para temperatura, porém o aumento significativo de temperatura pode indicar poluição por descarte de efluentes (muito quente) no corpo hídrico, o que não foi o caso.

Além de influenciar nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água, a temperatura também influencia na solubilidade dos gases dissolvidos. (TAVEIRA, 2012).

Os valores de turbidez também estão relacionados a precipitação pluviométrica, pois a água da chuva pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rochas e óxido metálicos do solo. Diferentemente da caracterização da cor da água, a qual é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação (BRASIL, 2014).

O valor máximo aceitável de turbidez da água, determinado pela Resolução Conama 357, é de até 100 UNT. Os valores mais altos de turbidez foram encontrados no período chuvoso, principalmente nos pontos P2 e P3 (cerca de 20 UNT), no mês de abril, mês de maior precipitação (gráfico 6). Nesses pontos também há influência de materiais sólidos em suspensão, matéria orgânica, organismos microscópicos e algas.

No período seco foi encontrado valor alto de turbidez no ponto P2, no mês de novembro, cerca de 37,9 UNT, bem maior que o máximo encontrado no período chuvoso. Porém, nenhum dos valores máximos obtidos ultrapassou o permitido pela Resolução CONAMA.

O ponto P2 refere-se a uma área de influência do lixão desativado (Fazenda Suíça), onde o leito do rio não apresenta proteção total da mata ciliar e onde é registrada a presença de criação de bovinos nas proximidades. Já o ponto P3 refere-se ao ponto de captação da água do rio Estiva para tratamento e abastecimento da população. No ponto P1, nascente do rio, a maioria dos valores de turbidez foram mais baixos que nos demais pontos, isso devido a proteção da mata ciliar.

Pereira *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2018) também encontraram maiores valores de turbidez no período chuvoso, tanto nos rios quanto nas nascentes, o que eles associaram ao uso e ocupação do solo que favorecem o carregamento de sedimentos e sais por meio das chuvas para os corpos hídricos.

Segundo Piratoba *et al.* (2017), o parâmetro turbidez não apresenta, por si só, um indicativo de poluição da água, podendo ser apenas a determinação de um elevado teor de sedimentos que as águas transportam, a depender do solo e vegetação do seu entorno.

Em relação a cor verdadeira, a Resolução Conama determina VMP de até 75 UC. Tanto no período chuvoso, quanto no período seco não foram encontrados valores acima do permitido pela legislação. No período chuvoso o valor máximo de cor verdadeira encontrado foi de 39 UC no Ponto 2 (Fazenda Suíça) no mês de fevereiro, e o valor máximo encontrado no período seco foi de 28 UC no Ponto 3, no mês de novembro (gráfico 7).

Nos pontos P2 e P3 observou-se a existência de possíveis influenciadores da cor verdadeira da água, desde a presença de matéria orgânica em decomposição na água, como também a presença de criação de bovinos às margens do rio a partir do Ponto 2, que com as chuvas pode carregar dejetos dos animais para dentro do rio, interferindo tanto na cor quanto nos demais parâmetros físicos, químicos e biológicos. Lançamentos de esgotos ou chorume também aumentam a concentração de matéria orgânica no rio, influenciando na cor, odor, turbidez e consumo de oxigênio dissolvido (BETEMPS *et al.*, 2014).

Observa-se o aumento da cor verdadeira encontrado no ponto P1 (nascente do Rio) no mês de abril, cerca de 30 UC, este valor pode ser justificado pela precipitação pluviométrica, a qual foi a maior entre os meses analisados.

O aumento da cor verdadeira no período chuvoso pode ser explicado devido ao aumento do transporte de material orgânico e inorgânico drenado nas margens dos rios.

A maioria dos valores de pH encontrados nos três pontos de análise do rio Estiva em ambos os períodos, chuvosos e seco, apresentaram-se levemente abaixo dos valores de referência da Resolução CONAMA, que é pH entre 6,0 e 9,0, principalmente na nascente do rio (gráfico 8).

No período chuvoso o menor valor de pH encontrado foi 5,1 no ponto P1 no mês de março, e o maior valor encontrado foi 6,3 no ponto P3 no mês de julho. Já no período seco o menor valor encontrado foi 4,6 no ponto P1 no mês de novembro, e maior valor foi 6,7 no ponto P3 no mês de setembro.

Geralmente, rios que escoam em áreas de formação Barreiras, e solos do tipo Argisolo Amarelo possuem pH abaixo de 5,0 (VALENTE *et al.*, 2010). Nos pontos de coleta no rio Estiva, os valores se concentraram na faixa entre 5,0 e 7,0, o que indica que o rio não está tão abaixo dos valores desejáveis pela legislação.

Da mesma forma, Pereira *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2018) encontraram valores semelhantes para pH dos rios e nascentes em ambos os períodos, não demonstrando comportamento sazonal.

Na metodologia utilizada para detecção de Nitrogênio Amoniacal (NH_4^+), não foram encontrados valores acima do limite de detecção nas amostras da água do rio Estiva durante o ano, sendo necessário utilizar outra metodologia ou outro equipamento com maior precisão, para comparar e/ou comprovar a ausência deste na água do rio. O nitrogênio amoniacal é um indicador de lançamentos de esgotos ou efluentes de elevada carga orgânica, o que pode-se dizer que, provavelmente, o rio não tem um teor alto de nitrogênio na forma amoniacal, sendo necessária a análise de seus teores na forma de Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-).

Os valores de Cloreto obtidos apresentaram-se abaixo do valor máximo permitido pela legislação (250 mg/l), variando entre 4,12 e 23,26 mg/L, sendo que o maior valor encontrado foi no mês de maio, no ponto P2, na área de influência do antigo lixão (gráfico 9). Apesar de não ter chovido muito neste mês, pode ter havido influência das chuvas de abril, mês com maior precipitação.

O período chuvoso apresentou valores de Cloreto levemente mais altos que no período seco. Da mesma forma Pereira *et al.* (2013), encontrou valores baixos de Cloreto, principalmente no período chuvoso.

A presença do cloreto em baixa concentração pode estar associada a fatores naturais, como por exemplo, a lixiviação das rochas.

Em relação ao parâmetro Ferro, praticamente todos os valores encontrados nos três pontos durante o ano inteiro, estão acima do permitido pela legislação (0,3 mg/L) (gráfico 10).

O maior valor foi encontrado no mês de março, no ponto P3 (ponto de captação do SAAE), e o menor valor foi encontrado no mês de fevereiro, no ponto P2 (área de influência do lixão). Em abril, mês de maior precipitação, os valores de ferro foram todos baixos, o que denota o efeito da diluição das chuvas.

Fato observado também por Silva *et al.* (2018), que encontraram menores concentrações de Ferro no período chuvoso, e associou os valores ao efeito de diluição das chuvas com relação a esse metal.

Não podemos associar a presença de Ferro ao lixão desativado devido à presença deste metal, também acima do VMP, no ponto P1 (nascente do rio Estiva), localizado a jusante da área de influência do lixão. Desta forma, a presença de Ferro pode estar associada ao tipo de

solo predominante na área de estudo, que são os Latossolos Amarelos distróficos e os Argissolos Amarelos distróficos. Estes solos geralmente apresentam baixos teores de ferro, porém, amplo predomínio do óxido de ferro na forma de goethita (EMBRAPA, 2012; VALENTE *et al.*, 2010).

Neste caso, a preservação da mata ciliar é uma aliada poderosa para evitar a lixiviação desse metal para o leito do rio.

A Resolução Conama (2005), determina valores máximos permitidos de Fósforo de 0,1 mg/L para águas de Classe II em ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários.

Pereira *et al.* (2013), encontrou valores de fósforo abaixo do VMP pela legislação, variando entre 0,013 e 0,022 mg/L, e associou sua presença em maior concentração no período chuvoso, provavelmente, devido ao arraste de matéria orgânica natural da bacia.

Nas análises realizadas nos três pontos de coleta do rio Estiva, a maioria dos valores encontrados de fósforo está acima do VMP pela legislação, principalmente nos pontos P2 e P3 no mês de fevereiro, e ponto P1 no mês de agosto (gráfico 11).

A presença de fósforo na água tanto pode estar ligada a processos naturais (dissolução de rochas, lixiviação do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva), quanto a processos antrópicos, como por exemplo, o uso de pesticidas ou fertilizantes, uma vez que, na área de estudo predomina o plantio de cana-de-açúcar.

Em relação a presença de Coliformes na água a Resolução CONAMA (2005) determina que os valores de coliformes termotolerantes não devem exceder o limite de 1.000 por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano para os demais usos, sejam eles recreação, lazer e irrigação. Já os coliformes *E. Coli* poderão ser determinados em substituição ao parâmetro coliforme termotolerante de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Nas análises feitas nos três pontos do rio Estiva a amostra que apresentou maior valor de coliformes *E. Colli* entre as demais analisadas foi a do ponto P3 no mês de maio, cerca de 200 por 100 ml (gráfico 13). Apesar de está dentro do limite permitido pela legislação, esse valor pode ser justificado pela presença da criação de gado nas proximidades do ponto P2. No ponto P2 a precipitação leva vestígios dos dejetos dos animais para dentro do rio, contaminando-o e chegando ao ponto P3.

No ponto P1 (nascente do rio) observa-se valores baixos para os coliformes *E. Colli* durante todo o ano.

Sabe-se que a presença de *E coli* em água é indicativo de contaminação por fezes humanas ou de animais. Provavelmente, a presença de coliformes totais e *E. Colli* nos pontos P2 e P3 deve-se à presença de fazendas no entorno, da entrada de gado no rio.

De modo geral, a chuva não influencia significativamente na qualidade da água.

4.3.2 Metais

Os resultados obtidos nas análises dos metais em ambos os períodos foram comparados com os VMP pelo Conama, bem como com os autores Oliveira e Santana (2010), que fez uma análise da influência do aterro municipal de Manaus sobre as águas superficiais da circunvizinhança, dando enfoque aos metais; e Silva *et a.* (2018), que também analisou a qualidade da água superficial na área de influência do lixão de Salinópolis – PA (tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Valores de metais encontrados na água do rio Estiva no período chuvoso

Elemento	UND	LQ	P. 1	P. 2	P. 3	Limites CONAMA (Resolução Nº 357)	Oliveira; Santana (2010)	Silva <i>et al</i> (2018)
Alumínio (Al)	mg/L	0,05	0,1763 ±0,003143	0,3633 ±0,006478	0,4259 ±0,007594	0,1 mg/L	1,013	0,115
Arsênio (As)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,01 mg/L	1,769	-
Cádmio (Cd)	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,001 mg/L	0,018	<LD
Chumbo (Pb)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,01mg/L	0,133	<LD
Cianeto (CN)	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,005 mg/L	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,009 mg/L	0,010	<LD
Cromo (Cr)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,05 mg/L	-	0,001
Manganês (Mn)	mg/L	0,01	0,0218 ±0,000415	0,0235 ±0,000447	0,0220 ±0,000418	0,1 mg/L	0,020	0,012
Mercúrio (Hg)	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002 mg/L	-	0,001
Potássio (K)	mg/L	0,05	0,4704 ±0,014676	0,6472 ±0,020193	0,6729 ±0,020994	0,01 mg/L	-	-
Prata (Ag)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	-	-	-
Selênio (Se)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,01 mg/L	-	-
Sódio (Na)	mg/L	0,05	3,1630 ±0,079992	3,4238 ±0,086588	3,7140 ±0,093927	-	-	-
Zinco (Zn)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,18 mg/L	0,018	0,002

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

Tabela 4 - Valores de metais encontrados na água do rio Estiva no período seco

Elemento	UND	LQ	P. 1	P. 2	P. 3	Limites CONAMA (Resolução Nº 357)	Oliveira e Santana (2010)	Silva <i>et al</i> (2018)
Alumínio (Al)	mg/L	0,05	0,0705 ±0,001257	0,0613 ±0,001093	<0,0500	0,1 mg/L	2,224	0,069
Arsênio (As)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,01 mg/L	2,130	-
Cádmio (Cd)	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,001 mg/L	0,016	<LD
Chumbo (Pb)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,01mg/L	0,074	<LD
Cianeto (CN)	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,005 mg/L	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,009 mg/L	n.d.	<LD
Cromo (Cr)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,05 mg/L	-	<LD
Manganês (Mn)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,1 mg/L	n.d.	0,023
Mercúrio (Hg)	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002 mg/L	-	0,001
Potássio (K)	mg/L	0,05	0,5630 ±0,017566	0,6904 ±0,021540	0,5398 ±0,016842	0,01 mg/L	-	-
Prata (Ag)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	-	-	-
Selênio (Se)	mg/L	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,01 mg/L	-	-
Sódio (Na)	mg/L	0,05	7,7806 ±0,196771	8,4537 ±0,213794	9,5958 ±0,242678	-	-	-
Zinco (Zn)	mg/L	0,01	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,18 mg/L	0,029	0,001

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2018).

No rio Estiva, foi registrada a presença dos elementos Alumínio, Manganês, Potássio e Sódio no período chuvoso. Já no período seco, foram registrados apenas valores para Alumínio, Potássio e Sódio.

A presença do Alumínio foi maior no período chuvoso nos três pontos. Neste período, todos os valores encontrados estão acima do permitido pela legislação, que é de 0.1 mg/l. Já no

período seco, o ponto P3 não apresentou valores acima do Limite de Quantificação (LQ), os valores encontrados nos demais pontos no período seco estão abaixo do VMP pela legislação.

Oliveira e Santana (2010) e Silva *et al.* (2018), em suas análises de água em áreas sob influência de lixões, também registraram a presença de Alumínio, sendo que o primeiro encontrou maiores valores no período seco, e o segundo encontrou maiores valores no período chuvoso. Apenas os valores encontrados por Oliveira e Santana (2010) estão acima do VMP pela legislação.

Possivelmente, a quantidade de Alumínio na água do rio, pode está associado a lixiviação dos solos Argissolos Amarelos e os Latossolos. Estes apresentam, por vezes, altos teores de alumínio trocável e quantidades variáveis de óxido de ferro (VALENTE *et al.*, 2010).

Segundo Marmontel e Rodrigues (2015) as altas concentrações de alumínio em nascentes e rios podem estar associadas ao fato desses corpos hídricos não possuírem mata ciliar preservada, o que facilita o carreamento dos metais do solo para a água.

Já Freitas *et al.* (2001), discorre sobre as consequências da alta concentração deste elemento na água, e sua presença também, pode estar sendo provocada pela poluição ambiental antrópica, como por exemplo, a presença de lixão próximo a área de análise.

Foram encontrados valores para Manganês apenas no período chuvoso, podendo estarem associados a eventos pontuais e ação antrópica. Os valores de manganês encontrados no período chuvoso estão abaixo do VMP pela legislação, não apresentando risco à saúde humana.

Também foram encontrados valores para Potássio nos três pontos de coleta, em ambos os períodos, estando todos os valores acima do máximo permitido pela legislação, sendo o ponto P3 o de maior concentração no período seco, e o ponto P2 de maior concentração no período chuvoso.

A presença de Potássio na água do rio Estiva, assim como a presença de Fósforo, pode estar ligada ao uso de pesticidas ou fertilizantes próximo às margens do rio, devido ao cultivo da cana-de-açúcar.

Houve presença de Sódio em todas as amostras analisadas, sendo sua maior concentração no período seco. Porém, a legislação não define valores permitidos para água de rio.

A presença de Sódio pode estar associada tanto a fatores naturais, devido a geologia local, quanto ao uso de fertilizantes na monocultura da cana-de-açúcar, localizada no entorno dos pontos estudados.

Teores elevados de Sódio também podem ter origem de esgoto doméstico, efluentes industriais ou intrusão de águas marinhas em regiões litorâneas (BEZERRA *et al.*, 2017).

Os valores encontrados dos demais elementos, em ambos os períodos, estavam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

Pode-se dizer que a qualidade da água do rio não sofre influência sazonal do lixiviado do antigo lixão, apresentando maior influência da plantação de cana-de-açúcar.

4.4 Tratamento e qualidade da água distribuída para a população de Marechal Deodoro

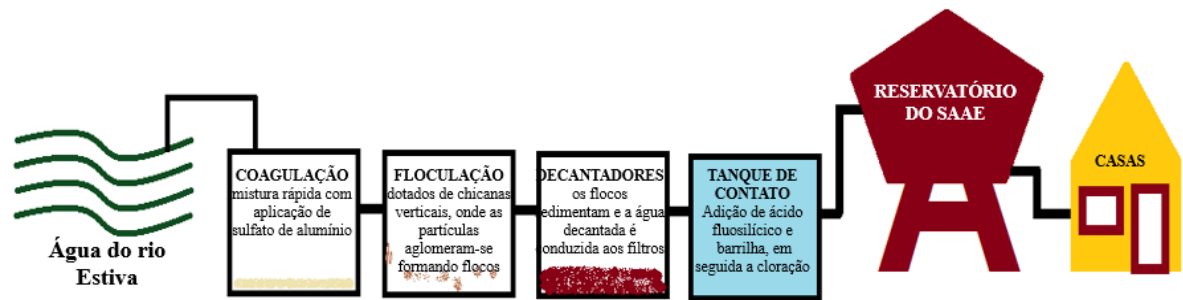
4.4.1 Tratamento da água do rio Estiva

A água do rio Estiva é captada e tratada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), administrado pela Prefeitura Municipal de Marechal Deodoro, em uma estação de tratamento de água (ETA) de ciclo completo (figura 23). A água, com vazão entre 57 e 72 L/s, chega à ETA através de uma adutora DN300 num canal dotado de calha Pashall onde é realizada a mistura rápida com aplicação de sulfato de alumínio, como coagulante, com dosagem de 60 a 100 mg/L, seguindo para os floculadores hidráulicos dotados de chicanas verticais, onde as partículas aglomeram-se formando flocos e seguindo para os decantadores. Nos decantadores a água floculada passa pela cortina de distribuição e os flocos sedimentam. A água decantada verte para o canal de água decantada, sendo conduzida aos filtros rápidos descendentes.

Após a filtração, a água é levada para o tanque de contato, onde é adicionado o ácido fluossilícico (proteção contra cáries) e barrilha (carbonato de Sódio) para a correção do pH da água, e, em seguida é feita a cloração (desinfecção para combater bactérias, vírus, protozoários), resultando num cloro residual de 1,2 a 2,5 mg/L.

Após o tratamento, a água é bombeada para reservatórios do SAAE (380 m³ e 750 m³), sendo então distribuída para aproximadamente 30.000 habitantes dos bairros do Centro; Barro Vermelho, Taperaguá, Porto Grande, Poeira, Povoado Tuquanduba, através de 8.000 ligações domiciliares (SAAE, 2018).

Figura 23 - Procedimento do tratamento de água do rio Estiva.



Fonte: adaptado de SANEP (2018).

4.4.2 Qualidade da água tratada

4.4.2.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

Para apresentação dos resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foram consideradas as médias aritméticas dos dados obtidos no período seco e chuvoso, bem como o desvio padrão, apresentados nas tabelas 1 e 2.

Para comparação dos dados foi utilizado o Anexo 20 da Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde, e os autores Sousa *et al.* (2016) que fez uma análise da qualidade da água tratada, armazenada em caixas-d'água do bairro do Roger, em João Pessoa-PB, e Bezerra *et al.* (2018) que analisaram a qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, ambas utilizadas para distribuição e consumo da população, porém, com tratamento e características bem distintas, conforme pode ser observado nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água tratada, no período chuvoso (fevereiro a julho de 2018).

Parâmetro	Média	Desvio Padrão	Ministério da Saúde (Anexo 20, Portaria nº 5/2017)	Sousa <i>et al</i> (2016)	Bezerra <i>et al</i> (2018)
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	120	42,89	-	0,7	2139,7
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	50	18,71	1.000	-	1188,4
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	26,5	1,90	-	23,1	-
Turbidez (UNT)	1,9	1,95	5	1,21	16,9
Cor Verdadeira (UC)	3,5	7,35	15	-	-
pH	4,1	0,39	Entre 6,0 e 9,5	6,7	6,49
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,0	0,0	-	-	-
Cloreto (mg/L)	13,2	2,57	250	82	655,82
Ferro (mg/L)	0,5	0,36	0,3	-	0,2
Fósforo (mg/L)	0,3	0,21	-	-	-
Coliformes Totais (UFC/100ml)	0	0	0	7,2	-
Coliformes E.Coli (UFC/100ml)	0	0	0	5	-

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2019).

Tabela 6 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e biológico analisados nas amostras de água tratada, no período seco (agosto a dezembro de 2018).

Parâmetro	Média	Desvio Padrão	Ministério da Saúde (Anexo 20, Portaria nº 5/2017)	Sousa <i>et al</i> (2016)	Bezerra <i>et al</i> (2018)
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	90	8,94	-	0,8	2139,7
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	30	5,4	1.000	-	1188,4
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	27,9	0,88	-	21,7	-
Turbidez (UNT)	0,9	0,80	5	0,9	16,9
Cor Verdadeira (UC)	7	3,36	15	-	-
pH	4,3	0,55	Entre 6,0 e 9,5	6,65	6,49
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0	0	-	-	-
Cloreto (mg/L)	11,3	2,36	250	83,43	655,82
Ferro (mg/L)	0,3	0,03	0,3	-	0,2
Fósforo (mg/L)	0,1	0,04	-	-	-
Coliformes Totais (UFC/100ml)	0	0	0	7	-
Coliformes E.Coli (UFC/100ml)	0	0	0	7,4	-

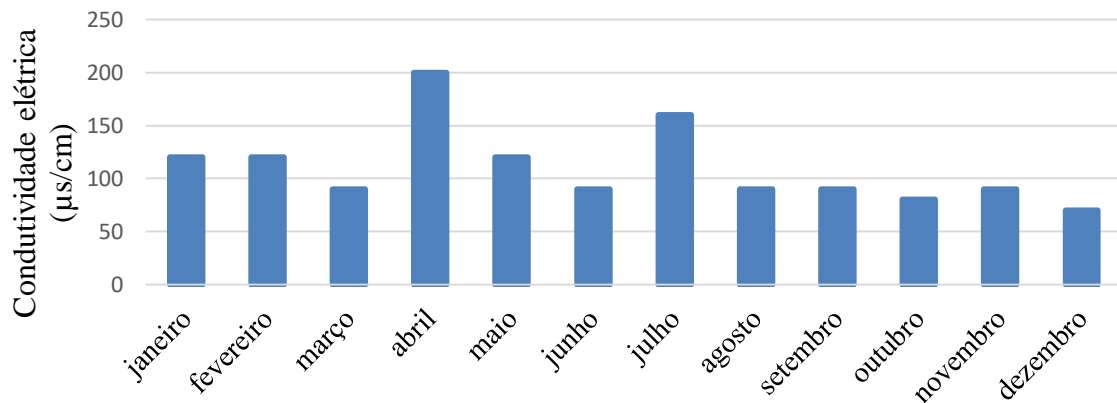
Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2019).

Os parâmetros Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez, Cloreto, Ferro e Fósforo apresentaram maiores valores no período chuvoso. Já os parâmetros Temperatura, Cor Verdadeira e pH, apresentaram maiores valores no período seco. Não foram encontrados valores para os parâmetros Nitrogênio Amoniacal e Coliformes Totais e *E. Colli*, em ambos os períodos.

A Condutividade Elétrica apresentou maiores valores no período chuvoso, principalmente no mês de abril (200 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mês de maior precipitação pluviométrica (gráfico 14), o que diverge de Esteves (2011), que diz que a condutividade elétrica geralmente é menor no período chuvoso, devido ao aumento do fator de diluição dos íons. O que implica dizer que outros

fatores podem ter colaborado com o aumento da condutividade elétrica neste mês, uma vez que a condutividade elétrica no ponto de captação do SAAE, neste mesmo mês, também foi de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Gráfico 14 - Condutividade elétrica na água tratada

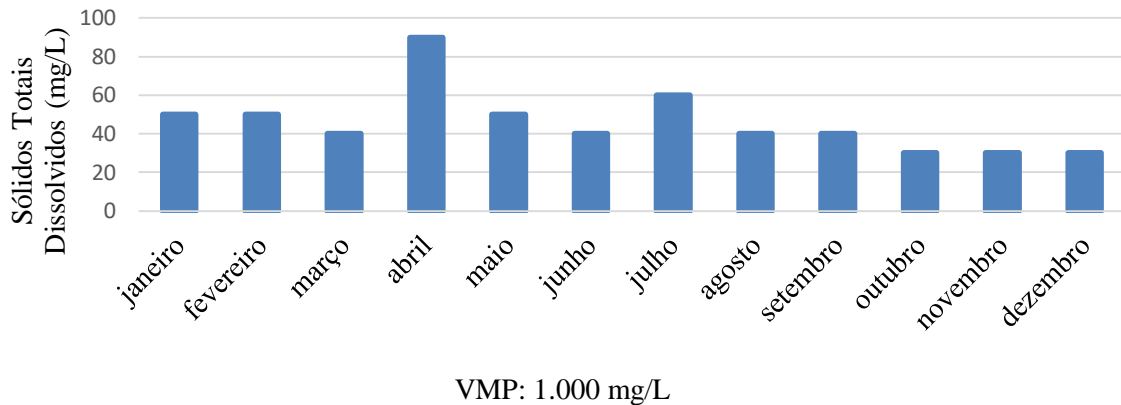


Pode-se afirmar que, no período chuvoso, apesar de se esperar menores valores de condutividade elétrica, alguma fonte de poluição faz aumentar a quantidade de sais existentes na água e conseqüentemente aumentou a condutividade elétrica.

Segundo Betemps *et al.* (2014), a condutividade elétrica presente na água é um indicador indireto de contaminação da mesma, uma vez que representa a quantidade de sais existentes na coluna d'água.

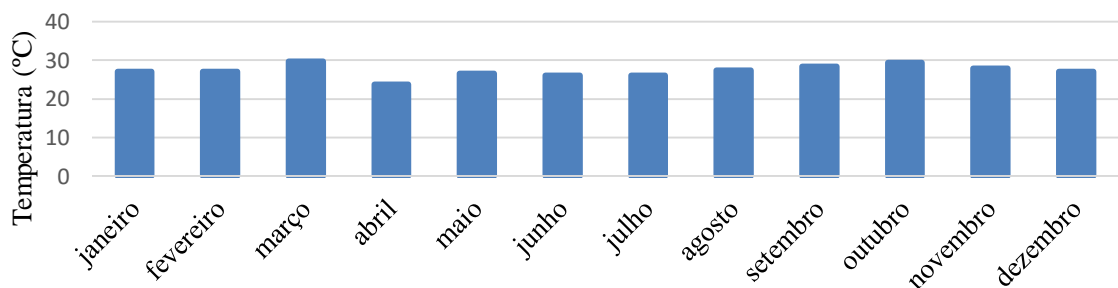
No estudo realizado por Sousa *et al.* (2016), mostrou uma variação de condutividade entre 0,65 e 1,11 $\mu\text{S cm}^{-1}$, muito abaixo dos valores obtidos nesta pesquisa para água após tratamento, que variou entre 90 e 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Já Bezerra *et al.* (2018) encontrou alta concentração de condutividade elétrica nos poços utilizados para consumo humano em Fortaleza, cerca de 2139,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

O MS determina VMP de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), de 1000 mg/L em água com padrão organoléptico de potabilidade (BRASIL, 2011). No período chuvoso a média foi de 50 mg/L, sendo o menor valor 30 mg/L obtido no mês de fevereiro, e maior valor 90 mg/L obtido no mês de abril, já no período seco o menor valor foi de 30 mg/L e o maior 50 mg/L (gráfico 15). Estando todos os valores obtidos dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Gráfico 15 - Sólidos Totais Dissolvidos na água tratada

Abril foi o mês que apresentou maior valor de STD, também foi o mês de maior precipitação pluviométrica, o que pode explicar o aumento dos sólidos na água.

Não houve variação significativa da temperatura nos valores obtidos nos períodos chuvoso e seco, sendo o valor mínimo no mês de abril, 23,8°C, e valor máximo no mês de março, 29,7°C (gráfico 16).

Gráfico 16 - temperatura na água tratada

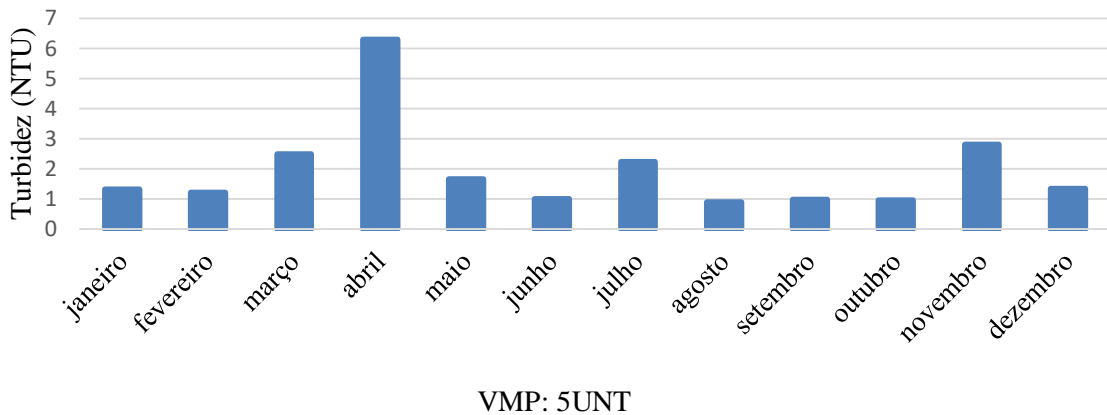
Os valores de turbidez variaram entre 1 e 3 UNT, com exceção do mês de abril (6,29 UNT), valor que ultrapassou o VMP pela legislação (gráfico 17). Pode-se relacionar este aumento da turbidez a precipitação do mês de abril, que foi a maior durante o ano. As águas pluviais carregam sedimentos para o leito do rio, ocasionando mudanças na qualidade da água, quanto a cor, turbidez, condutividade, etc.

Também no mês de abril, a turbidez do ponto P3 foi de 20,28 UNT, o que mostra que houve uma diminuição após o tratamento, mas não foi o suficiente. Diferente dos valores

encontrados no mês de julho, a turbidez do ponto P3 foi 26,5 UNT e na água tratada 2,23 UNT, o que comprova a eficiência do tratamento da água neste mês.

Em estudo realizado por Sousa *et al.* (2016) na água tratada de João Pessoa - PB, apresentou uma variação de 1,04 UNT no período seco e 1,21 UNT no período chuvoso.

Gráfico 17 - Turbidez da água tratada

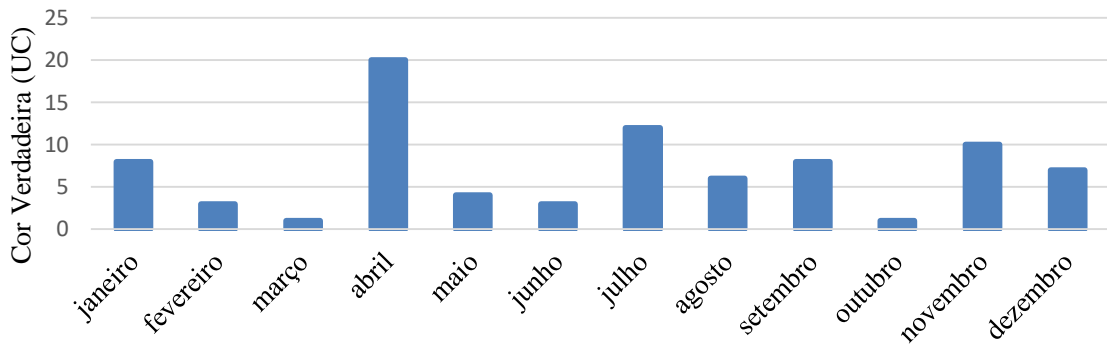


Os parâmetros turbidez, STD e condutividade elétrica estão estritamente relacionados, podendo seu aumento estar ligado a presença de sedimentos na água tratada. Em ambos os períodos, praticamente todos os valores encontrados para estes parâmetros estão abaixo do VMP pela legislação, com exceção da condutividade elétrica, a qual não há determinação de VMP pela legislação.

A cor verdadeira, no período chuvoso teve seu valor mínimo no mês de março (1 UC) e valor máximo em abril (20 UC), sendo o VMP pela legislação de até 15 UC. Já no período seco o valor mínimo foi obtido em outubro (1 UC) e o valor máximo em novembro (10 UC) (gráfico 18).

O mês de abril apresentou maior valor da cor verdadeira, sendo este o único obtido fora do VMP pela legislação. Neste mesmo mês, a cor verdadeira obtida no ponto de coleta de água do rio Estiva para tratamento (Ponto P3) também foi de 20 UC, o que significa que neste mês não houve alteração/diminuição da cor da água, mesmo após tratamento, ou o tratamento não foi adequado.

Gráfico 18 - Cor verdadeira na água tratada



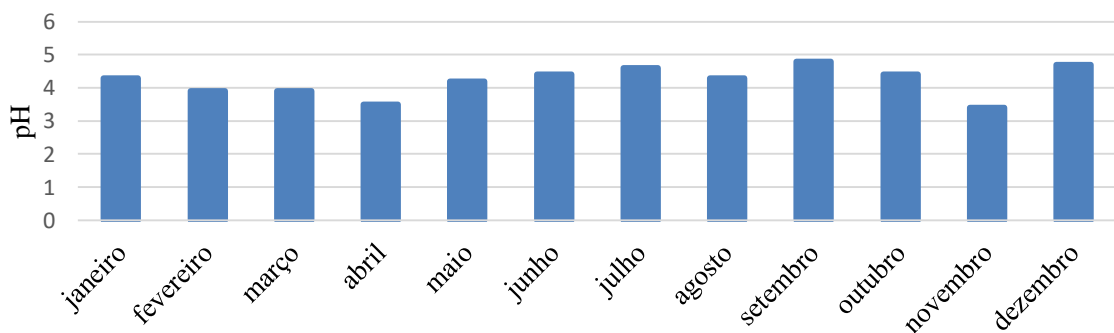
VMP: 15 UC

O pH encontrado na água tratada foi bem abaixo do permitido pelo MS que determina valores de pH entre 6 e 9,5 para água utilizada para consumo humano. O valor mínimo do pH da água após tratamento no período chuvoso foi encontrado no mês de abril pH 3,5 e o maior valor no mês de julho, pH 4,6. Já no período seco o menor valor de pH foi de 3,4 em novembro, e maior valor foi de 4,8 em setembro. Em ambos os períodos seco e chuvoso, foram encontrados valores abaixo do permitido pela legislação (gráfico 19).

Os baixos valores de pH na água tratada podem estar relacionados a adição do Sulfato de alumínio, utilizado para coagular a água na estação de tratamento.

Segundo Bezerra *et al.* (2017), o pH da água não causa danos à saúde pública, a não ser que os valores sejam extremamente baixos ou extremamente alcalinos, os quais podem causar irritação na pele ou nos olhos. A análise do pH também ajuda a minimizar problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição (BRASIL, 2014).

Gráfico 19 - pH na água tratada

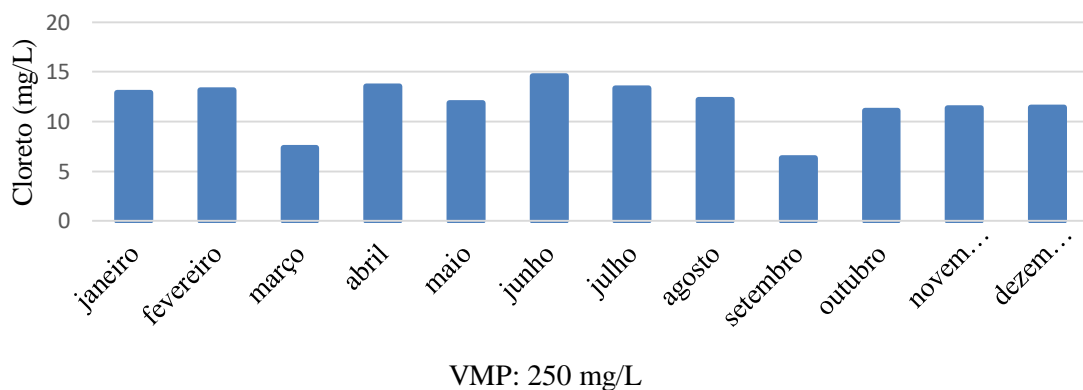


VMP: Entre 6,0 e 9,5

Assim como na água do rio Estiva, na análise da água tratada também não foram encontrados valores significativos para Nitrogênio Amoniacal (mg/L), sendo necessário o uso de outras metodologias e novos estudos para verificar a presença de nitrogênio na forma de Nitrato e/ou Nitrito.

A quantidade de cloreto encontrado na água tratada no período chuvoso foi bem baixo comparado ao VMP pela legislação que é de até 250 mg/L, sendo o menor valor encontrado no mês de março (7,37 mg/L) e maior valor encontrado no mês de junho (14,56 mg/L). Já no período seco o menor valor encontrado foi em setembro (6,31 mg/L) e o maior valor em dezembro (12,91 mg/L) (gráfico 20).

Gráfico 20 - Cloreto na água tratada



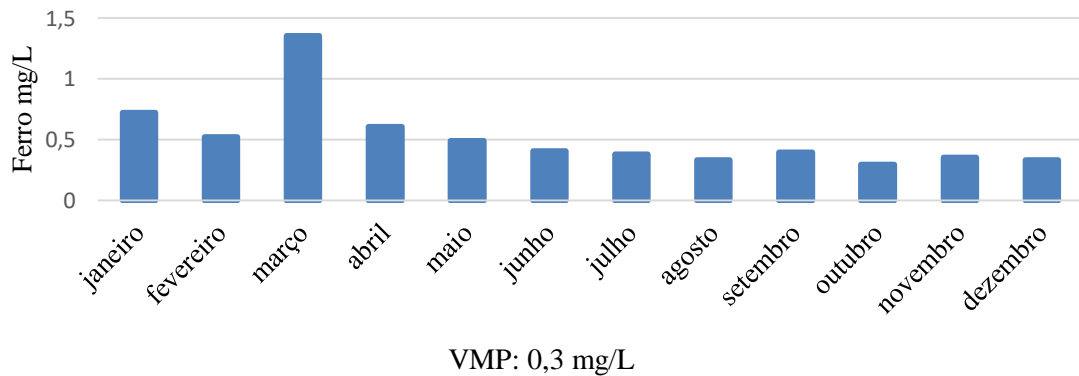
Nenhum dos valores de cloreto encontrados durante o ano, na água tratada do rio Estiva, ultrapassaram o VMP pelo Ministério da Saúde, estando a água própria para o consumo em relação a este parâmetro.

O Ministério da Saúde determina VMP de concentração de ferro na água para consumo de apenas 0,3 mg/L, no período chuvoso a média de ferro encontrada na água ultrapassou o permitido, cerca de 0,5 mg/L, sendo o mês de março o de maior concentração de ferro na água (1,3 mg/L), e o mês de julho o de menor concentração (0,3 mg/L). No período seco o maior valor de ferro encontrado foi no mês de dezembro (0,72 mg/L) e o menor valor no mês de outubro (0,29 mg/L) (gráfico 21).

A água do rio Estiva já chega ao SAAE com valores altos de ferro, apenas nos meses de janeiro, março e abril os valores de ferro na água após tratamento foram maiores que na água do rio, nestes meses, o tratamento na água não foi adequado ou suficiente para a retirada do ferro.

A presença de Ferro pode estar relacionada ao solo predominante na área de estudo, que são os Latossolos Amarelos distróficos e os Argissolos Amarelos distróficos. Estes solos geralmente apresentam baixos teores de ferro, porém, amplo predomínio do óxido de ferro goethita (EMBRAPA, 2012).

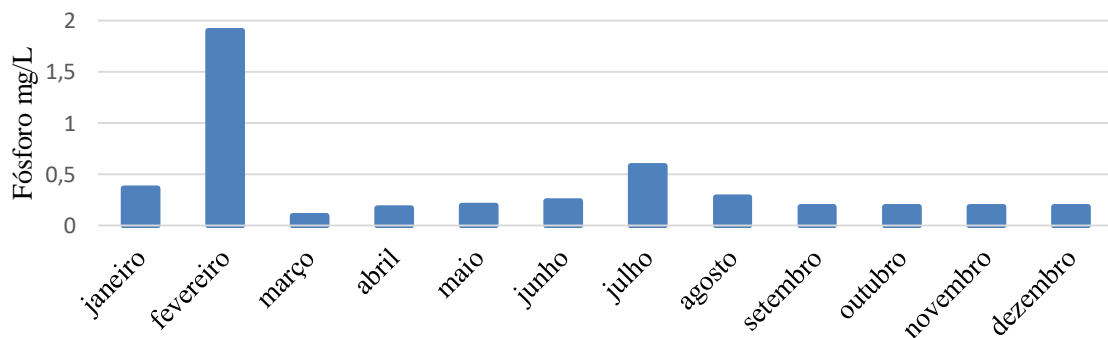
Gráfico 21 - Ferro na água tratada



Bezerra *et al.* (2018), encontraram baixa quantidade de ferro nas águas dos poços utilizadas para consumo em Fortaleza, cerca de 0,2 mg/L, e associaram a presença desse íon nos solos lateríticos do Aquífero Barreiras.

Em relação a presença de fósforo na água a legislação não determina valores máximo permitidos. Foram encontrados valores baixos para fósforo durante o ano todo, exceto no mês de fevereiro que chegou a 1,9 mg/l. Neste mesmo mês o valor encontrado de fósforo no ponto de captação da água do rio para tratamento foi de 0,7 mg/l (gráfico 22), o que mostra que o aumento de fósforo na água tratada se deu no momento do seu tratamento na estação do SAAE.

Gráfico 22 - Fósforo na água tratada



Além do mês de fevereiro, nos meses de janeiro, junho, julho, outubro e dezembro, os valores de fósforo na água tratada foram maiores que os valores apresentados na água do rio Estiva, o que mostra, mais uma vez, que algum fator durante o tratamento contribuiu para o aumento desse parâmetro.

Segundo o MS não é permitido a presença de qualquer tipo de coliformes na água utilizada para consumo humano. Tanto no período chuvoso quanto no período seco não foram encontrados valores de coliformes totais e E.Coli presentes na água tratada.

4.4.2.2 Metais

Os resultados dos metais pesados analisados na água tratada foram considerados os Limites de Quantificação (LQ). Os resultados foram comparados com os VMP pelo Ministério da Saúde.

Tabela 7 - Resultados da análise de metais presente na água tratada no período chuvoso.

Elemento	UND	LQ	P. 4	Ministério da Saúde (Anexo 20, Portaria 05/2017)
Alumínio (Al)	mg/L	0,05	3,1929 ±0,056929	0,2 mg/L
Arsênio (As)	mg/L	0,005	<0,0050	0,01 mg/L
Cádmio (Cd)	mg/L	0,001	<0,0010	0,005 mg/L
Chumbo (Pb)	mg/L	0,01	<0,0100	0,01 mg/L
Cianeto (CN)	mg/L	0,05	<0,05	0,07 mg/L
Cobre (Cu)	mg/L	0,005	<0,0050	2 mg/L
Cromo (Cr)	mg/L	0,01	<0,0100	0,05 mg/L
Manganês (Mn)	mg/L	0,01	0,1606 ± 0,003055	0,1 mg/L
Mercúrio (Hg)	mg/L	0,0002	<0,0002	0,001 mg/L
Potássio (K)	mg/L	0,05	0,7140 ± 0,022277	-
Prata (Ag)	mg/L	0,005	<0,0050	-
Selênio (Se)	mg/L	0,005	<0,0050	0,01 mg/L
Sódio (Na)	mg/L	0,05	5,5079 ± 0,139295	-
Zinco (Zn)	mg/L	0,01	<0,0100	5 mg/L

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2019).

Tabela 8 - Resultados da análise de metais presente na água tratada no período seco.

Elemento	UND	LQ	P. 4	Ministério da Saúde (Anexo 20, Portaria 05/2017)
Alumínio (Al)	mg/L	0,05	1,7574 ± 0,031334	0,2 mg/L
Arsênio (As)	mg/L	0,005	<0,0050	0,01 mg/L
Cádmio (Cd)	mg/L	0,001	<0,0010	0,005 mg/L
Chumbo (Pb)	mg/L	0,01	<0,0100	0,01 mg/L
Cianeto (CN)	mg/L	0,05	<0,05	0,07 mg/L
Cobre (Cu)	mg/L	0,005	<0,0050	2 mg/L
Cromo (Cr)	mg/L	0,01	<0,0100	0,05 mg/L
Manganês (Mn)	mg/L	0,01	<0,0100	0,1 mg/L
Mercúrio (Hg)	mg/L	0,0002	<0,0002	0,001 mg/L
Potássio (K)	mg/L	0,05	0,5322 ± 0,016605	-
Prata (Ag)	mg/L	0,005	<0,0050	-
Selênio (Se)	mg/L	0,005	<0,0050	0,01 mg/L
Sódio (Na)	mg/L	0,05	9,2993 ± 0,23517	-
Zinco (Zn)	mg/L	0,01	<0,0100	5 mg/L

Fonte: Kássia Karina Silva de Araújo (2019).

No período chuvoso foram encontrados valores acima do LQ para os metais Alumínio, Manganês, Potássio e Sódio. Já no período seco foram encontrados apenas os metais Alumínio, Potássio e Sódio. Porém, o Ministério da Saúde só determina VMP para os metais Alumínio e Manganês.

Em ambos os períodos o Alumínio apresentou valores acima do permitido, com maior concentração no período chuvoso. Fato que pode ser explicado devido a adição de sulfato de alumínio na estação de tratamento, já que o valor de Alumínio no ponto de captação da água do rio Estiva no período chuvoso foi de 0,4259 mg/L, e no período seco não apresentou valores para este metal.

A presença de alumínio na água pode causar sérios problemas de saúde para quem a consumir em grandes proporções. Freitas *et al.* (2001), discute sobre as consequências da alta concentração deste elemento, o qual pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar à distúrbios neurológicos, bem como efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer.

Também foi encontrado valor de Manganês acima do LQ apenas no período chuvoso, cerca de 0,1606 mg/L, este valor está levemente acima do VMP pelo Ministério da Saúde que é de 0,1 mg/L. No período chuvoso, a água do rio Estiva apresentou valor para manganês de apenas 0,02 mg/L, o que indica o aumento da concentração deste metal após tratamento da água. No período seco não foi encontrado Manganês, nem na água do rio, nem na água tratada.

Os valores de Potássio e Sódio encontrados nos períodos chuvoso e seco foram bem significativos, porém, o Ministério da Saúde não apresenta VMP para estes metais em água tratada. Ainda, a água do próprio rio Estiva já apresentou concentrações de Potássio e Sódio, não havendo mudanças significativas após tratamento.

A presença desses metais no rio pode estar ligada ao uso de pesticidas ou fertilizantes próximo às margens do rio, devido ao cultivo da cana-de-açúcar.

5 CONCLUSÃO

Na área onde está localizado o lixão desativado do município, foi possível observar, através das imagens de radar e do programa Global Mapper, que a maior parte da drenagem é direcionada ao leito do rio Estiva, que influencia na qualidade da água do rio, aliado à precipitação pluviométrica local com período chuvoso de 2018 ocorreu entre fevereiro a junho e o período seco, de agosto a dezembro.

Nas análises físico-químicas e biológicas da água do rio Estiva, foi possível observar que apenas o pH, o Ferro e o Fósforo apresentaram valores acima do permitido pelo Conama, não apresentando variação sazonal significativa, embora no período chuvoso os valores de Ferro e Fósforo foram levemente superiores aos valores do período seco.

O pH baixo do rio pode estar associado à composição do solo, pois o rio escoar sobre a Formação Barreiras e os solos são do tipo Latossolo e Argissolos amarelos, este último geralmente apresenta pH abaixo de 5,0.

A presença de Ferro também está associada a composição do solo e o transporte deste para o leito do rio, principalmente no período chuvoso.

A presença de Fósforo na água do rio Estiva possivelmente está associada ao uso de pesticidas e fertilizantes utilizados na monocultura da cana-de-açúcar, a qual está localizada nas proximidades do rio.

Além do Ferro, outros metais encontrados na água do rio Estiva foram: Alumínio, Manganês, Potássio e Sódio no período chuvoso, e os mesmos, com exceção do Manganês no período seco. Porém, apenas o metal Potássio apresentou valores acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA, sua presença pode estar associada, assim como o Fósforo, ao uso de pesticidas e fertilizantes.

Em relação a água tratada, apenas os valores encontrados para os parâmetros pH e Ferro estão acima do limite estabelecido pelo Ministério da Saúde (MS).

Os baixos valores de pH podem estar relacionados a adição de sulfato de alumínio, utilizado na coagulação da água durante o sistema de tratamento. O qual deveria ser corrigido.

Já a presença de Ferro está associada ao tipo de solo da área de estudo, fator evidenciado com o aumento deste no período chuvoso até mesmo na nascente do rio.

Assim como na água do rio Estiva, aos metais presentes na água tratada no período chuvoso foram: Alumínio, Manganês, Potássio e Sódio. E no período seco os mesmos metais

com exceção do Manganês. Destes, apenas o Alumínio apresentou valores fora dos limites estabelecidos pelo MS, com maior concentração no período chuvoso. Podemos associar a presença de Alumínio na água tratada à adição do Sulfato de Alumínio na estação de tratamento, uma vez que os valores de Alumínio encontrados na água do rio Estiva foram bem menores que os encontrados na água após tratamento.

Pode-se concluir que, através das metodologias utilizadas nos parâmetros analisados, até o momento, a qualidade da água do rio Estiva não está sendo influenciada pelo lixão desativado. Algumas alterações na qualidade da água do rio estão associadas ao tipo de solo e ao cultivo de cana-de-açúcar.

Já a água tratada, as alterações da qualidade da mesma podem estar ligadas a metodologia de tratamento na ETA, principalmente no período chuvoso, ao controle do pH e ao uso do Sulfato de Alumínio. Sugere-se realizar três repetições da mesma amostra para confirmar os valores encontrados para estes parâmetros.

Por fim, no período chuvoso, é preciso ficar atento aos padrões de qualidade da água, pois foi no período chuvoso, mais especificamente no mês mais chuvoso (abril) que encontrou-se valores de alguns parâmetros fora do VMP pela legislação (na água tratada e no rio).

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2015.

AFONSO, T.; ZANON, M. A. G.; LARA, J. E.; SILVEIRA, M. R. **Consciência ambiental, comportamento pró-ambiental e qualidade de gerenciamento de resíduos em serviços de saúde**. Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS Vol. 5, N. 3. P. 106 – 119. Setembro. / Dezembro. 2016.

ALAGOAS. **Perfil Municipal de Marechal Deodoro**. Maceió: Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio, v. 3 n. 3, 2015a.

_____. Lei n. 7.749, de 13 de outubro de 2015. **Política estadual de resíduos sólidos e inclusão produtiva**. Palácio República dos Palmares, 2015b. 20 p. Disponível em: <http://www.residuossolidos.al.gov.br>

ANA. **Agência Nacional das Águas**: Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: BRANDÃO, C. J. et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

ANDRADE, R. M. de; FERREIRA, J. A. **A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização**. REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, v. 6, n. 1, mar. 2011. ISSN 1982-5528. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/118>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

APHA (2005). **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater**. L.S. Clesceri, A.E. Greenberg, A.D. Eaton (Eds.), 20ª ed., American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, United Book Press, Inc., Baltimore, Maryland, 2005.

ARAÚJO, G. F. R; TONANI, K. A. A.; RAGAZZI, M. F.; JULIÃO, F. C.; SAMPAIO, C. F.; CARDOSO, O. O. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde**: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. O Mundo da Saúde, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

ARAÚJO, K. K. PIMENTEL, A. K. A problemática do descarte irregular dos resíduos Sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jatiúca em Maceió, Alagoas. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 626 - 668, out. 2015/mar. 2016.

ARAÚJO, K. K. S. de; BASTOS, A. L. B.; SILVA, A. P. L. da. PIMENTEL, A.K. dos S. Política nacional dos resíduos sólidos: oportunidades e desafios para o município de Marechal Deodoro – AL. In: MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P. da; SANTOS, J. P. de O. **Resíduos Sólidos: gestão pública e privada**. –1. ed. -Recife: EDUFRPE, 2018. p.79 - 91. Disponível em: <http://www.epersol.com/e-books.html>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Resíduos sólidos:** Classificação - NBR 10004. Rio de Janeiro, ABNT, 2004. 71p.

BETEMPS, G.; SANCHES FILHO, P. J.; KERSTNER, T. Caracterização físico-química da água e determinação de metais pesados (Cr, Cu, Pb e Zn) no sedimento do riacho Arroio do Padre (Arroio do Padre, Brasil/RS). In: **Revista Thema**. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Sul-rio-grandense. Pelotas, RS, Brasil. 2014, Vol. 11 n. 02. p. 4-20. Disponível em: <http://revistathema.ifsul.edu.br>

BEZERRA, A. D. A.; ROCHA, J. C. da; NOGUEIRA, E. R.; ARAÚJO, F. G. D. M.; BRANDÃO, M. G. A.; CHAVES, B. E.; PANTOJA, L. D. M. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Revista Acta Biomedica Brasiliensia**. V.8, nº. 1, Julho de 2017. www.actabiomedica.com.br

BEZERRA, A. D. A.; ROCHA, J. C. da; NOGUEIRA, E. R.; ARAÚJO, F. G. D. M.; BRANDÃO, M. G. A.; CHAVES, B. E.; PANTOJA, L. D. M. Análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Revista Acta Biomedica Brasiliensia**. V.9, nº. 1, Abril de 2018. Disponível em: www.actabiomedica.com.br

BRASIL. Congresso Nacional – **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007** (Lei do Saneamento Básico). Brasília, DF. 2007. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 05 mar. 2018. 14:45:20

_____. Congresso Nacional – **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010** (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Brasília, DF. 2010. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 05 mar. 2017. 09:15:27.

_____. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Política nacional de resíduos sólidos. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. Disponível em: <http://fld.com.br>. Acesso em: 02 mai. 2017, 00:18:30.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-42. Disponível em: <<http://bvsmms.saude.gov>. Acesso em: 27 set. 2016.

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

CARVALHO, E. C. Levantamento e sistematização de dados para elaboração de um plano de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Marechal

Deodoro/AL. 2016. 111f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2016.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis da Qualidade de Água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em: 11 nov. 2018

CONAMA. **Conselho Nacional de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução nº 274, de 25 de janeiro de 2000. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2018. 23:16:15

_____. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 31 mar. 2018. 11:35:25

_____. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 03 mar. 2018. 08:25:44

_____. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017. 21:45:32

DETONI, D; ANSCHAU, C. T. **Gestão dos resíduos sólidos dos canteiros de obras da construção civil do município de Chapecó-SC**. Revista Tecnológica - UCEFF, v.5, n. 3, p. 88 – 111, 2016.

DIAS, R. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2011. 2 ed. 232 pag.

DOMINGOS, D. C.; BOEIRA, S. L. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares: análise do atual cenário no município de Florianópolis**. 3 ed., V. 4, p. 14-30, Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2015.

EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas: Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Alagoas**. Relatório Técnico. Recife – PE, 238 p, 2012.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FERNANDES, A. J. D.; OLIVEIRA, J. R. de; GOMES, E. L. S.; FERREIRA, M. L. M.; SANTOS, C. C.; LÚCIO, M. M. L. M. Avaliação de parâmetros físico-químicos da água dos maceiós do Bessa e Intermares / PB. **Revista Principia: Divulgação científica e tecnológica IFPB**. N. 36. João Pessoa, 2017.

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.17. n. 3. P. 651-660. mai-jun, 2001

HENRÍQUEZ, A. I. M. Generación de Resíduos Sólidos en El Municipio de Galapa (Atlántico) y su Aprovechamiento como Forma de Minimizar la Problemática Ambiental. **Revista INGE CUC**, Vol. 10, N° 1, p 89-96, Jun., 2014

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. 2010. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro, 2010. 219p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 set. 2014. 22:32:45.

JUCÁ, J. F. T. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: **10º SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Braga, Portugal – 16 a 19 de Setembro de 2002.

KNOERR, V. C. de S.; STELZER J.; FERREIRA K. P. **Direito, globalização e responsabilidade nas relações de consumo**. Organização CONPEDI/UFS – Florianópolis: CONPEDI, 2015.

KUHN, D.; REISDÖRFER, G. Avaliação da eficiência da aplicação de coagulante orgânico em chorume para remoção de carga orgânica e nutrientes. In: **Revista Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 1, p. 64-68, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://online.unisc.br>. Acesso em: 17/09/17, 23h20

LEME, E. J. de A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2010. 595 p.

LIMA, A.K.T. Principais pontos da política nacional de resíduos sólidos para a gestão de resíduos municipais. In: EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, p. 20-29, 2014.

MALHEIROS, C. H.; HARDOIM, E. L.; DE LIMA, Z. M.; AMORIM, R. S. S. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 245–262, 2012. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua>. 904

MARCHI, C.M.D.F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana** (Brazilian Journal of Urban Management), v. 7, n. 1, p. 91-105, jan./abr. 2015.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. **Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar**. Revista Floram: Floresta e Ambiente. Vol. 22 n. 2. Seropédica - RJ, 2015, p. 171-181. Disponível em: <<http://www.floram.org>>. Acesso em: 25/06/18 16:54.

MARTINS, A. M.; LORENZO, H. C. de; CASTRO, M. C. A. A. de. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no município de Araraquara-SP: formulação e implementação**. Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM /Brazilian Multidisciplinay Journal, 01 November 2017, Vol.20(1), pp.81-92.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A., SOUZA JUNIOR, L. C. de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico** do município de Olho D' Água do Casado, estado de Alagoas. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 12 p.

MENDONÇA, M. H. M.; ROSENO, S. A. M.; CACHOEIRA, T. R. L.; SILVA, A. F. S.; JÁCOME, P. R. L. de A.; JÁCOME JÚNIOR, A. T. **Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa.** Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. vol. 12 n. 3 Taubaté – May / Jun. 2017. P. 468 - 475. Disponível em: www.ambi-agua.net

MIRANDA, M.J.L.; STEUER, I.R.W. Diagnóstico e análise socioambiental do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Carpina – PE. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada.** 1.ed. Recife: EDUFRPE, p. 59-68, 2014.

MOTA, A.; LIMA, A. A. S.; SANTOS, F. F. P.; CASELLI, F. de T. R.; VIEGAS, R. A. **Pirólise da biomassa lignocelulósica: uma revisão.** Revista GEINTEC, 01 December 2015, Vol.5(4), pp.2511-2525. Disponível em: <http://www.revistageintec.net>. Acesso em: 19/08/17. 17:06.

NEVES, F. de O.; MENDONÇA, F. Destinação de resíduos sólidos urbanos: estratégias para a modernização em cidades médias no Oeste. **Geosul**, Florianópolis, v. 30, n. 60, p. 89-107, jul./dez. 2015.

NEVES, F. de O.; MENDONÇA, F. Por uma leitura geográfico-cultural dos resíduos sólidos: reflexões para o debate na Geografia. **Cuadernos de Geografía: revista colombiana de geografía**, Bogotá, Colombia, vol. 25, n.1, p. 153-169, ene./jun. 2016.

OLIVEIRA, D. L de; SANTANA, G. P. Influência do aterro municipal de Manaus sobre as águas superficiais da circunvizinhança: um enfoque ao estudo de metais pesados. In: **Caminhos de Geografia.** Uberlândia. v. 11, n. 34 jun/2010 p. 75 - 83

PEREIRA, A. R.; SANTOS, A. de A.; SILVA, W. T. P. da; FROZZI, J. C.; PEIXOTO, K. L. G. Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. **Rev. Ambiente e Água.** vol. 8 n. 3; p. 239 – 246. Taubaté - Sep. / Dec. 2013. Disponível em: www.ambi-agua.net. Acesso em: 05/02/19 22h18

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. In: **Rev. Ambiente e Água.** vol. 12 n. 3 Taubaté – May / Jun. 2017. P. 435 – 456. Disponível em: www.ambi-agua.net. Acesso em: 25/01/19 12h28

RIGUETTI, P. F; CARDOSO, C. A. L.; CAVALHEIRO, A. A.; LENZI, Ervim; FIORUCCI, A. R.; SILVA, M. S. da. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil. In: **Revista Ambiente & Água.** Vol. 10 n. 1 Taubaté – Jan. / Mar. 2015. P. 153 – 163. Disponível em: www.ambi-agua.net. Acesso em: 16/09/17 23h09

RODRIGUES, G.L.; FEITOSA, M.J.S.; SILVA, G.F.L. Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na COOPECAMAREST em Serra Talhada – PE. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade - RMS**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 18-38, jan./abr. 2015.

SAAE. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Marechal Deodoro**. Disponível em: <http://www.saaemarechaldeodoro.com.br/site2/>. Acesso em: 27 out. 2018.

SAIANI, C.C.S.; DOURADO, J.; TONETO JÚNIOR, R. (Org.). **Resíduos Sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal 12.305 (lei de resíduos sólidos)**. Barueri: Minha Editora, 2014. 423p.

SANEP. **Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas**. Tratamento da água. Disponível em: <http://server.pelotas.com.br/sanep/tratamento/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

SANTOS, A. G. da S. dos; MORAES, L. R. S. M.; NASCIMENTO, S. A. de M. Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do cemitério do Campo Santo em Salvador-BA. **Revista GESTA**, v. 3, n. 1, p.39-60, 2015 – ISSN: 2317-563X

SANTOS, E. V. dos; CALHEIROS, A. F.; FERREIRA, A. C.; DI PACE, E. L. Caracterização da precipitação pluviométrica do município de Marechal Deodoro – AL, no período de 1978 a 2005. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais: 1980-2006**. 5 p. Disponível em: <http://www.cbmet.com>. Acesso em: 18 out. 2017.

SEABRA, L. H. C.; GALLEP R.; GONÇALVES, D. B. **Alternativas para coleta e disposição final de resíduos sólidos em municípios de pequeno e médio porte**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 614-626, ago./dez. 2016.

SEBRAE-MS. **Gestão de resíduos sólidos: uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas** - São Paulo: Instituto Envolverde: Ruschel & Associados, 2012. 32 p. Disponível em:

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas**. Floram Engenharia e Meio Ambiente, 2015, 80 p. Disponível em: <http://residuossolidos.al.gov.br>

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano Intermunicipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos – Região Metropolitana**. Floram Engenharia e Meio Ambiente, 2016, 58 p. Disponível em: <http://residuossolidos.al.gov.br>

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. O. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campo Grande, Paraíba: O autor, 2001. 265p.

SILVA, R. S. B. da; SOUSA, A. M. L. de; SODRÉ, S. do S. V.; VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Rev. Ambiente e Água** vol. 13 n. 2, e2072 - Taubaté 2018. P. 1 - 17

SOUSA, A. C. de; CRUZ, A. D. da; SILVA, G. J. O. da; FÉLIX, A. M. C.; NUNES, R. K. F.; ALVES, G. S. Análise exploratória da qualidade da água tratada, armazenada em caixas-d'água do bairro do Roger, em João Pessoa-PB. **Revista Principia**: divulgação científica e tecnológica. João Pessoa – PB, Jun/2016, n° 29. p. 110-118. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br>>. Acesso em: 25/06/18 17:17

SUNADA, N. da S.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; OLIVEIRA, A. B. de M.; FERNANDES, A. R. M.; LUCAS JUNIOR, J. de; SENO, L. de O. Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Revista Ciência Rural**, 2015, Vol.45(1), pp.178-183. Disponível em: <http://www.scielo.br> Acesso em: 19/08/17; 16:03.

TAVEIRA, M. M. V. **Impactos de aterros sanitários de três municípios de Minas Gerais na qualidade da água**. Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas. Minas Gerais: 2012. 112 p.

TAVEIRA, M. M. V.; SILVA, A. M. da; RODRIGUES, L. S. **Impactos do aterro sanitário do município de Três Corações, Minas Gerais, na qualidade da água subterrânea**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 14, n. 1, p. 764-772, jan./jul. 2016.

VALENTE, M. A.; SILVA, L. G. T.; OLIVEIRA, R. R. S. de; PIMEENTEL, G. M.; NASCIMENTO, D. L. O. Mapeamento de Solos das Áreas de Duas Mesobacias Hidrográficas no Nordeste Paraense. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**. Solos nos biomas brasileiros: Sustentabilidade e mudanças climáticas. 31 junho à 05 de agosto de 2010. Urbelândia/MG.

VILLANUEVA, T. C. B. **Geodiversidade do estado de Alagoas**. Salvador: CPRM, 2016. 165 p.