



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS CAMPUS MACEIÓ
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ALÉXIA SILVEIRA DE MELO
DENISE PEIXOTO OLIVEIRA ROCHA**

**ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO AMBIENTAL DO RENASCE SALGADINHO
COMO SOLUÇÃO PARA FALTA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA BACIA DO
RIACHO DO REGINALDO**

**MACEIÓ – AL
2023**

ALÉXIA SILVEIRA DE MELO
DENISE PEIXOTO OLIVEIRA ROCHA

ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO AMBIENTAL DO RENASCE SALGADINHO
COMO SOLUÇÃO PARA FALTA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA BACIA DO
RIACHO DO REGINALDO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso superior de
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Alagoas, *Campus* Maceió, como requisito
parcial para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Me. Tainara Ramos da
Rocha Lins de Brito Rodrigues

MACEIÓ – AL
2023



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte

628.4
M528a

Melo, Aléxia Silveira de.

Análise crítica do projeto ambiental do renasce salgadinho como solução para falta de esgotamento sanitário na bacia do Riacho do Reginaldo / Aléxia Silveira de Melo, Denise Peixoto Oliveira Rocha . - Maceió, 2023.
84 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió, 2023.

Arquivo no formato digital em PDF do trabalho acadêmico.

1. Urbanização - Maceió. 2. Saneamento básico. 3. Jardim Filtrante. I. Título.

ALÉXIA SILVEIRA DE MELO
DENISE PEIXOTO OLIVEIRA ROCHA

ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO AMBIENTAL DO RENASCE SALGADINHO
COMO SOLUÇÃO PARA FALTA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA BACIA DO
RIACHO DO REGINALDO

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à Banca do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas *Campus* Maceió e aprovado em 31 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues
Orientadora – Instituto Federal de Alagoas

Prof. Ana Karoline de Almeida Silva
Examinadora – Instituto Federal de Alagoas

Prof. Dr. Walter Pereira Vianna Júnior
Examinador – Instituto Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus, por nos dar forças e sabedoria durante o período de graduação, que não permitiu que desistíssemos diante das dificuldades, que não foram poucas.

Também aos meus pais, Edmilson Saraiva e Pedrina Peixoto, por não medirem esforços para realização dos meus sonhos, especialmente minha mãe que é minha referência como mulher batalhadora. Aos meus irmãos, Laisa Peixoto e Vinicius Peixoto, por estarem na torcida por mim, e ao meu namorado José Inácio, que sempre me incentivou e compreendeu minha ausência e estresse durante a produção deste trabalho. Ao meu tio Walter Peixoto, que me deu assistência total em Maceió, no período da graduação.

Aos meus pais, Katiúscia Rose e Vânius Melo, que sempre me incentivaram a ir adiante e permanecer firme, e a minha tia-avó, Marcionila Verçosa, que é referência de vida e de que nada é impossível. Ao Chrisman Alex, meu noivo, que diante das minhas lágrimas repete “vai dar certo” e me apoiou durante todo o processo. Aos meus familiares, que torcem pelo meu sucesso profissional desde o momento do curso.

Aos amigos, Laiza, Hevelyn, Nelly, Letícia, Vânia e Ighor, que tornaram nossos dias mais felizes durante a graduação e que vão continuar presente nas nossas vidas, em especial a Andressa e Débora, que sempre estiveram dispostas a ajudar em qualquer situação, e sempre nos deram forças para finalizar esse ciclo.

A Prof^a. Dr^a. Tainá Silva Melo, que iniciou como nossa orientadora, e com toda paciência nos ajudou, além do processo de construção deste trabalho até quando pôde, a seguir firme durante o percurso tão longo e com tantos desafios. A nossa atual orientadora, Prof^a. Me. Tainara Rodrigues, que com tantos ensinamentos e sua dedicação profissional, nos acolheu e nos permitiu concluir o presente trabalho com o melhor desempenho.

Por fim, somos gratos a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho traz um aparato geral do início do processo de urbanização no Brasil, assim como o crescimento do espaço urbano em Maceió. A partir disso, são analisadas as consequências dessa expansão urbana e o problema que o crescimento descontrolado e falta de política pública trouxe para as áreas menos favorecidas na bacia do Reginaldo devido, principalmente, à falta de acesso ao saneamento básico. Sendo assim, é feita uma análise e avaliação da alternativa escolhida pelo Projeto Renasce Salgadinho da implantação de jardim filtrante como solução para a situação do Riacho Reginaldo/Salgadinho no tratamento das suas águas poluídas que, pela ausência do sistema de esgotamento sanitário provoca o lançamento irregular de esgoto doméstico no corpo hídrico. O emprego do jardim filtrante adotado pelo projeto Renasce Salgadinho, baseou-se no modelo observado nas cidades de Niterói-RJ e Sobral-CE e está sendo implantado em duas regiões do Vale do Reginaldo, uma como lagoa filtrante no encontro das águas do Riacho Pau D'Arco com o Riacho Reginaldo e três jardins filtrantes no direcionamento para o Riacho Salgadinho. Neste aspecto, após estimativa da quantidade de efluente gerado pela população residente em parte da região, observou-se que a capacidade de tratamento dos jardins filtrantes previstos em projeto, não será suficiente para tratar todo o esgoto lançado no riacho, de modo que o problema ambiental, ainda que em menor escala, continuará sendo realidade para a população local e novas técnicas de disposição e tratamento dos efluentes precisam ser associadas ao emprego dos jardins filtrantes.

Palavras-chave: Urbanização; Saneamento Básico; Jardins Filtrantes.

ABSTRACT

This work presents a general overview of the beginning of the urbanization process in Brazil, as well as the growth of urban space in Maceió. From this, the consequences of this urban expansion and the problem that the uncontrolled growth and lack of public policy brought to the less disadvantaged areas in the Reginaldo Basin are analyzed, mainly due to the lack of access to basic sanitation. Thus, an analysis and evaluation of the alternative chosen by the Renasce Salgadinho Project of the implementation of a filter garden as a solution to the situation of the Reginaldo/Salgadinho Creek in the treatment of its polluted waters is made, which, due to the absence of the sanitary sewage system, causes the irregular discharge of domestic sewage into the water body. The use of the filter garden adopted by the Renasce Salgadinho project was based on the model observed in the cities of Niterói-RJ and Sobral-CE and is being implemented in two regions of the Reginaldo Valley, one as a filtering pond at the meeting of the waters of the Pau D'Arco Creek with the Reginaldo Creek and three filter gardens in the direction to the Salgadinho Creek. In this aspect, after estimating the amount of effluent generated by the population residing in part of the region, it was observed that the treatment capacity of the filter gardens foreseen in the project will not be sufficient to treat all the sewage discharged into the stream, so that the environmental problem, even if on a smaller scale, will continue to be a reality for the local population and new techniques of disposal and treatment of effluents need to be associated with the use of filter gardens.

Keywords: Urbanization; Sanitation; Filter Gardens.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução urbana de Maceió até 1980	21
Figura 2 – Divisão geomorfológica dos bairros de Maceió, segundo o PDM, 1981 ..	22
Figura 3 – Expansão urbana em Maceió.....	23
Figura 4 – Desigualdade social representada por imóveis na região do Vale do Reginaldo e bairro do Farol.....	24
Figura 5 – Esgoto sendo lançado na rede pluvial e sua saída na grota do Ouro Preto	27
Figura 6 – Mapa geral dos complexos de risco	28
Figura 7 – Vale do Reginaldo.....	29
Figura 8 – Mapa de esgotamento sanitário e rede interceptora	30
Figura 9 – Disposição de resíduos líquidos, sem tratamento algum, no leito do riacho	31
Figura 10 – Representação do sistema absoluto e sistema combinado, respectivamente	32
Figura 11 – Saída das tubulações de esgoto das casas do Reginaldo direcionadas para o canal.....	33
Figura 12 – Ligação irregular de esgoto no Riacho Reginaldo.....	33
Figura 13 – Língua suja observada na praia da Avenida na saída do riacho Salgadinho	34
Figura 14 – Esquema de fossa séptica biodigestora.....	36
Figura 15 – Esquema dos jardins filtrantes	37
Figura 16 – Fitorremediação	39
Figura 17 – Etapas dos jardins filtrantes	41
Figura 18 – Sistema de fluxo vertical	41
Figura 19 – Sistema de fluxo horizontal	42
Figura 20 – Metodologia empregada no estudo.....	44
Figura 21 – Localização da bacia do Reginaldo.....	45
Figura 22 – Grotas em torno do riacho Reginaldo, com foco no Pau D 'arco em azul e Reginaldo I e II em amarelo	46
Figura 23 – Principais aspectos fisiográficos da bacia do Reginaldo	47
Figura 24 – Localização do Riacho Pau D'Arco em relação ao Riacho Reginaldo ...	48
Figura 25 – Esgoto “in natura” na foz do Riacho Pau D'Arco	49

Figura 26 – Locais de intervenção do projeto Renasce Salgadinho.....	50
Figura 27 – Detalhes da lagoa filtrante proposta.....	51
Figura 28 – Jardim filtrante proposto	51
Figura 29 – Reservatório lagoa filtrante projetado no Riacho Pau D’Arco	52
Figura 30 – Obra da lagoa filtrante no Riacho Pau D’Arco.....	52
Figura 31 – Retirada de lixo na foz do riacho Salgadinho em Julho de 2023.....	53
Figura 32 – Retirada de lixo na foz do riacho Salgadinho em Novembro de 2022....	54
Figura 33 – Acúmulo de lixo observado no riacho Reginaldo no Vale do Reginaldo e em sua encosta	54
Figura 34 – Exemplo de barreira de contenção de detritos no rio	55
Figura 35 – Bacias hidrográficas do estado de Alagoas e em vermelho a bacia do Riacho Reginaldo	57
Figura 36 – Bacia hidrográfica do Reginaldo, com perfil do riacho Reginaldo em azul e malha censitária em vermelho.....	58
Figura 37 – Setores dentro da bacia escolhidos para cálculo em verde	59
Figura 38 – Estações pluviométricas Farol 1, Farol 2 e Cruz das Almas	61
Figura 39 – Situação da água dos parques antes e após tratamento com jardins filtrantes em Sobral-CE	65
Figura 40 – Riacho Reginaldo e seus afluentes	69
Figura 41 – Fossa séptica de tambores em série.....	71
Figura 42 – Esquema de tratamento de esgoto por zonas de raízes	71
Figura 43 – Modelo de construção da fossa verde.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – População de Maceió de 1970 a 2010	23
Quadro 2 – Distribuição por tipo de esgotamento sanitário nos bairros do Riacho Reginaldo	28
Quadro 3 – Tipo de esgotamento sanitário em domicílios do Vale do Reginaldo	32
Quadro 4 – Tipo de esgotamento sanitário em domicílios do Pau D'arco	48
Quadro 5 – Tipo de esgotamento sanitário em domicílios do Vale do Reginaldo	56
Quadro 6 – Vazão adotada para jardins filtrantes	60
Quadro 7 – Dados pluviométricos de 2021	62
Quadro 8 – Dados pluviométricos de 2022	62
Quadro 9 – Dados populacionais por setor censitário	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DMET – Departamento de Meteorologia

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EEE – Estação Elevatória de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

ONU – Organização das Nações Unidas

PDM – Plano Diretor Municipal

PMRR – Plano de Redução de Riscos de Maceió

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SEMINFRA – Secretaria Municipal de Infraestrutura de Maceió

SEPLAG – Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
3 REVISÃO TEÓRICA	17
3.1 Crescimento populacional	17
3.2 Processo de urbanização em Maceió	19
3.3 O esgotamento sanitário em Maceió.....	25
3.4 O caso da Bacia do Reginaldo.....	26
3.5 A problemática do Vale do Reginaldo.....	29
3.6 Agenda 2030.....	34
3.7 Métodos convencionais de tratamento de esgoto.....	35
3.7.1 Estação de tratamento de esgoto convencional (ETE).....	35
3.7.2 Fossa séptica biodigestora	36
3.7.3 Os jardins filtrantes	37
3.8 Programa Renasce Salgadinho	42
4 METODOLOGIA	44
4.1 Caracterização da área de estudo	45
4.1.1 Características Fisiográficas	46
4.1.2 O Riacho Pau d'Arco	47
4.2 Execução do Programa Renasce Salgadinho	49
4.2.1 A implantação do jardim filtrante	50
4.2.2 Barreira de contenção de detritos.....	52
4.2.3 Vazão prevista para adição na ETE-Emissário Submarino	55
4.3 Cálculo do resíduos gerados pela população da bacia do Reginaldo.....	57
4.4 Autodepuração das águas poluídas da bacia	60
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
5.1 Caracterização da área de estudo	63
5.2 Análise do programa Renasce Salgadinho como solução para a região ..	63
5.3 Cálculo do resíduos gerados pela população da bacia do reginaldo	66
5.4 Autodepuração da água	68

5.5 Formas alternativas de tratamentos unitário de esgoto sanitário.....	70
5.5.1 Tratamento de zona de raízes implantada	70
5.5.2 Fossa verde	72
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1 INTRODUÇÃO

A questão da moradia no Brasil é uma das mais desafiadoras e preocupantes, principalmente a partir de 1950 com o aumento populacional desenfreado em zonas urbanas causado pelo êxodo rural e exclusão social (Baucells, 2014). Segundo Maricato (2003), um novo século foi iniciado sem que o Brasil, Estado e sociedade apresentassem políticas sociais eficientes para as cidades.

O acelerado processo de urbanização da população brasileira, saindo de 55,9% da população total em 1970 para mais de 80% da população em 2000, não foi acompanhado, na mesma dimensão, pela construção de sistemas de infraestrutura adequados, nem pelo aumento das condições de emprego e renda. Tendo em vista que o acesso a habitação no Brasil está diretamente condicionado pela renda, a solução de moradia encontrada pela população mais pobre tem se configurado em grandes aglomerados precários, constituindo um dos maiores problemas urbanos e ambientais do país.

A Constituição Federal de 1988 define a moradia digna como direito e vetor de inclusão social, garantindo padrão mínimo de habitabilidade, infraestrutura, mobilidade, equipamentos e serviços coletivos, colocando-o como bem de acesso a novos patamares de cidadania e qualidade de vida. Entretanto, essa população de menor poder aquisitivo se encontra à mercê de políticas públicas e, muitas vezes, não se tem nem o mínimo para uma vida digna e de qualidade.

O saneamento básico é um dos direitos reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), por ser fundamental e imprescindível à vida. Segundo especialistas, a falta de estruturas sanitárias adequadas prejudica e viola outros direitos humanos, como o direito à saúde, à vida, à educação e o desenvolvimento do ser humano.

Neste âmbito, sabe-se que a cidade de Maceió sofreu uma rápida expansão populacional a partir de 1980 não prevista pelo Plano de Remodelação iniciado em 1968. Segundo Nascimento (2016) *apud* Soares (2005), Maceió continuou crescendo sem obedecer a nenhum traçado em planta previamente estudada e sem ações de infraestrutura capazes de dotá-la de soluções efetivas, principalmente para o saneamento básico.

O Instituto Trata Brasil (2021) afirma que o investimento para melhorias em saneamento foi de 15,7 bilhões, apresentando um acréscimo de 18,9% em relação ao

ano de 2018. Ainda assim, no Brasil, 1.622.965 habitações não possuem banheiro exclusivo, o que equivale a 2,20% de todo o país.

Ademais, um dos principais problemas das grandes cidades é a coleta e tratamento dos efluentes domésticos que são gerados, pois possuem características específicas que expressam diferentes formas de coleta, tratamento e disposição. O resultado é uma crescente deterioração ambiental com o aumento visível dos níveis de poluição.

O esgoto sanitário, definido pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) como “[...] despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos”, apesar de ser produzido em todas as regiões do Brasil, tem poucas regiões que o tratam eficientemente e, com isso, em sua grande maioria, promovem o descarte inadequado desse resíduo nos corpos d’água, como é o caso observado na bacia do Reginaldo, afetando diretamente as águas do Riacho Reginaldo e seus afluentes.

Na maior parte da região da Bacia do Reginaldo não há implantação de sistema de esgotamento sanitário (BRK, 2023), Pimentel (2009) afirma que apenas 25% da bacia dispõe de rede coletora, por isso, o desafio da sociedade atual é minimizar os impactos ambientais, por meio da integração dos campos da tecnologia e ecologia. Diante dos problemas expostos, o uso da tecnologia de jardins filtrantes, conhecidos também como wetlands ou sistemas alagados construídos foi a alternativa escolhida pelo Projeto Renasce Salgadinho para resolver o problema do esgotamento sanitário da região. Esse sistema é uma alternativa ecológica que utiliza plantas para tratamento de poluentes. Esses ambientes planejados têm como finalidade reproduzir condições suficientes para ocorrência da depuração, ao passo que favorece a harmonização paisagística.

A atual busca por tecnologias limpas, sustentáveis e econômicas, traz relevância e destaque à esta análise, pois, segundo a empresa francesa Phytorestore, responsável por essa tecnologia, são sistemas com baixo custo de implantação e operação, possuem eficiência na desinfecção dos esgotos, não há necessidade de aditivos químicos, existe a possibilidade de reuso do efluente tratado, e pelo apelo sustentável do sistema traz ainda uma beleza estética e harmonização com o ambiente em que é inserido.

Espera-se desse estudo o esclarecimento, através da análise da implantação

do sistema de jardins filtrantes na bacia do Reginaldo, acerca do Projeto Renasce Salgadinho e a solução para o esgotamento sanitário local. A análise permitirá um entendimento sobre os benefícios do tratamento com jardins filtrantes para uma população não atendida pelo esgotamento. O local servirá futuramente como área experimental para melhorias no sistema.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a escolha do sistema de jardins filtrantes como solução para a problemática do esgotamento sanitário na região da bacia do Reginaldo, em detrimento da sua poluição no corpo hídrico.

2.2 Específicos

- Identificar os principais pontos de influência para a problemática da região;
- Buscar dados da região através das fontes necessárias;
- Identificar a solução proposta no Programa Renasce Salgadinho para o esgotamento do local;
- Verificar a geração de efluente na bacia de contribuição do Riacho Reginaldo;
- Analisar a eficiência da solução proposta para a problemática em questão.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Crescimento populacional

Durante o século XIX, a mecanização das atividades agrícolas acarretou um excesso de mão de obra no meio rural, que acabou sendo a chave para a expansão populacional, tendo início com o fenômeno do êxodo rural. Para os trabalhadores, sobravam a opção de permanecer desempregado (apoiando-se economicamente nos membros da família), ou migrar em busca de novas oportunidades de emprego (Dall'Acqua, 1975), ou seja, a população do campo foi “forçada” a migrar para os centros urbanos, sem incentivos ou perspectivas, como afirma Bonaci (2007) (*apud* Coelho, 1996), pela necessidade de sustento e conseqüente falta de emprego, motivada pela ilusão de uma vida fácil, moderna e com maiores possibilidades sociais.

O aumento do êxodo rural se deu também com o fim da escravidão, através da Lei Áurea, em 1888, que mesmo em liberdade, os negros não tiveram oportunidades de emprego nas zonas rurais onde viviam, além de serem proibidos de ter propriedades rurais. Por isso, foram para a cidade, na qual foram excluídos da sociedade, sem acesso à moradia nos espaços formais. Segundo Bonaci (2007) (*apud* Campos, 2005), os negros nos centros urbanos eram proibidos de assumir cargos públicos e ter acesso à educação. Dessa forma, para sua sobrevivência, buscaram abrigos em zonas marginais, em habitações ilegais não reconhecidas pelo Estado.

O aumento do fluxo migratório aliado ao rápido aumento demográfico, aumenta rapidamente a parcela da população que procura se ligar a outros setores da economia para sobreviver. Porém, não se obteve sucesso na absorção da mão de obra nas atividades produtivas na cidade e essa população ficou sob desamparo econômico. Assim sendo, o êxodo rural apenas transfere a situação de pobreza em que vivia essa população nas zonas rurais, para as zonas urbanas. (Dall'Acqua, 1975).

Esse processo migratório continuou em ascensão no século seguinte, e as transformações na sociedade estavam a todo vapor.

“Durante o século XX, a sociedade brasileira passou por três acelerados processos de transformação que produziram as cidades atuais: a industrialização da economia; a explosão demográfica decorrente da queda das taxas de mortalidade; e a urbanização da população, que migrou em massa do campo para as cidades em busca de melhores oportunidades de vida. Esses movimentos ocorreram com grande força entre as décadas de

1940 e 1980, quando o Brasil era pobre (em PIB per capita), pouco escolarizado e muito desigual. Neste período, a população do país aumentou de 40 para 120 milhões e a parcela da população vivendo em cidades foi de 31% para 67%. O resultado foi um enorme contingente de brasileiros pobres e destituídos de direitos sociais (introduzidos apenas com a Constituição de 1988) vivendo de forma precária nas cidades” (Arq. Futuro, 2018).

De acordo com Silva (2003), a indústria não conseguiu acompanhar e, menos ainda, absorver toda população que se deslocava para as cidades, o que originou uma perspectiva de dificuldades econômicas crescentes, sobretudo, caracterizada pela piora da concentração e distribuição de renda.

“No período de industrialização teve início um processo de diferenciação de funções e demandas de trabalho entre a cidade e o campo, que acabou por atrair parte da mão de obra do campo pela maior remuneração e a esperança de melhores oportunidades de trabalho. Porém, o êxodo rural só ocorreu a partir de 1930, pois anterior a esse período as necessidades de mão de obra industrial foram atendidas pelos fluxos imigratórios estrangeiros” (Dall’Acqua, 1975).

Segundo Battaus *et al.* (2016), a maioria da população brasileira é de classe média baixa e isso é um fator que determina a área de ocupação desses indivíduos, pois os mesmos tendem a habitar em locais que condizem com o seu poder aquisitivo, esses locais na sua grande maioria não oferecem condições de habitação e desenvolvimento. Desse modo, essas camadas da população acabam sendo esquecidas e vivendo em condições inapropriadas.

O crescimento territorial urbano extensivo pode causar alguns problemas socioespaciais, como a geração de espaços precários e sem condições de habitabilidade, a segregação socioespacial e a existência de vazios urbanos, resultado da ocupação descontínua do território urbano (Japiassú, 2015).

Com o contínuo movimento migratório, o desemprego e a necessidade de mudar, as famílias foram forçadas a ocupar e concentrar-se em aglomerados sem a mínima infraestrutura para moradia digna, as chamadas favelas.

Silva (2003) traz uma definição de favela:

“Como áreas de habitações irregularmente constituídas, sem arruamento, sem plano urbano, sem esgoto, sem água, sem luz. Dessa precariedade urbana, resultado da pobreza de seus habitantes e do descaso do Poder Público, surgiram as imagens que fizeram da favela o lugar da carência, da falta, do vazio a ser preenchido pelos sentimentos humanitário, de perigo a ser erradicado pelas estratégias políticas, que fizeram de um favelado um bode expiatório dos problemas da cidade” (*apud* Zaluar e Alvito, 1998, p.07).

Segundo Maricato (2003), é nas áreas rejeitadas pelo mercado imobiliário privado e nas áreas públicas, situadas em regiões desvalorizadas, que a população trabalhadora pobre vai se instalar. A favela foi uma das alternativas habitacionais

encontradas pela população que não conseguiu acessar o mercado formal de moradias. (Denaldi *et al.*, 2016, p.102).

Maricato (2003) defende que:

“A segregação urbana ou ambiental é uma das faces mais importantes da desigualdade social e parte promotora da mesma. À dificuldade de acesso aos serviços e infraestrutura urbanos (transporte precário, saneamento deficiente, drenagem inexistente, dificuldade de abastecimento, difícil acesso aos serviços de saúde, educação e creches, maior exposição à ocorrência de enchentes e desmoronamentos etc.) somam-se menos oportunidades de emprego (particularmente do emprego formal), menos oportunidades de profissionalização, maior exposição à violência (marginal ou policial), discriminação racial, discriminação contra mulheres e crianças, difícil acesso à justiça oficial, difícil acesso ao lazer. A lista é interminável” (Maricato, 2003, p.152).

De acordo com Burkt e Fujimoto (2009) em países periféricos, de industrialização e urbanização tardias, como o Brasil, o crescimento rápido, espontâneo e desordenado provocou o inchaço de muitas cidades, caracterizado pela ocupação de áreas periféricas, na maioria impróprias para edificação, trazendo assim consequências que afetam diretamente a qualidade de vida dos moradores, além de utilizar o solo de forma irregular e indevida, que agride o meio ambiente.

Ainda segundo Burkt e Fujimoto, esse processo pode ser entendido como fruto de uma urbanização vertiginosa e que introduziu na cidade um novo significado: ela passou a evocar progresso e desenvolvimento, mas, a retratar e a reproduzir as injustiças e as desigualdades da própria sociedade.

Como afirma Baucells (2014) verificam-se diferenças na qualidade de vida decorrente da falta de infraestrutura e de serviços públicos. Outra questão observada, relaciona-se ao preconceito histórico social em relação aos mais pobres, o que gera processo excludente nas áreas de favelas.

3.2 Processo de urbanização em Maceió

O período de expansão urbana no Nordeste se deu um pouco mais tarde. Apenas em 1980 observou-se uma população predominantemente urbana em Alagoas e demais estados.

A cidade de Maceió, não é diferente das outras cidades do país, teve seu processo de urbanização de forma rápida, sofrendo grande expansão a partir da década de 1980, segundo Calixto (2021), foi a cidade do país que mais cresceu naquela década, aproximadamente 60%, se dando da periferia para o centro.

Conforme afirma Nascimento *et al.* (2016) (*apud* Craveiro Costa, 1939), a capital alagoana surgiu no início do século XVIII às margens do Riacho Maçayó, atual Riacho do salgadinho, devido à proximidade ao engenho de açúcar, ponto norteador para a ocupação do perímetro, também conforme historiadores vilas de pescadores foram se formando na parte litorânea.

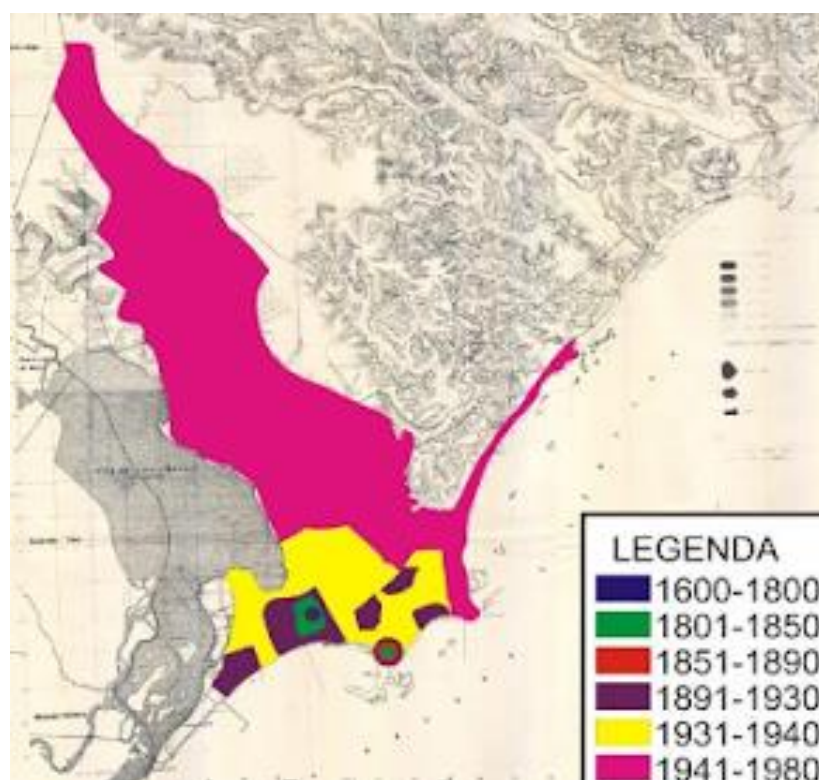
Essa urbanização se deu de forma aleatória, pois naquele período ainda não existiam leis que organizassem o uso e ocupação do solo. Com o fechamento do engenho e implantação do porto no atual bairro do Jaraguá, abriu-se novas oportunidades de emprego, fazendo com que, segundo Nascimento *et al.* (2016), a população se expandisse de maneira proporcional, chegando a 5.000 habitantes em meados de 1817. Em 1839, Maceió tornou-se capital da província e mesmo com todo o reconhecimento que estava tendo devido ao comércio do açúcar e das boas condições econômicas, não havia nenhum planejamento urbano, ou seja, a população recém-chegada ia se instalando de forma desordenada.

Nascimento *et al.* (2016) afirma que o aumento populacional continuou de forma rápida. Em 1841, Maceió já contava com uma população de 11.000 habitantes e em 1868 por volta de 25.000 habitantes, portanto, passou a exigir uma maior demanda de áreas a serem ocupadas no espaço urbano. Essa rápida expansão urbana e o seu período de maior crescimento não foi acompanhada por uma política pública de planejamento e ocupação do solo, visto que houveram tentativas de organizar um plano de urbanização da cidade, mas sem sucesso. Ainda segundo Nascimento *et al.*, a partir do ano de 1868 foi iniciado o Plano de Remodelação para Maceió, o primeiro plano de organização local que foi cumprido, onde o engenheiro responsável listou as seguintes preocupações:

“O mesmo afirmou que havia a necessidade de cuidar da regularidade do arruamento e nivelamento dos principais trechos da cidade e do embelezamento de um ou outro ponto, pois a cidade ainda estava com aspectos muito primitivos e as construções urbanas haviam surgido ausentes de qualquer plano e agora estava comprometendo planejamento urbano. Sendo as principais diretrizes desse novo plano de remodelação fazer o nivelamento da cidade, dando os declives necessários para o escoamento pluvial, concluir o esgoto dessas águas em todas as ruas e finalizar o serviço de canalização de água potável para domicílios” (Nascimento *et al.*, 2016).

Apesar das previsões de crescimento presentes na planta da época da região, ela continuou crescendo sem obedecer a nenhum traçado previamente estudado, como podemos observar na figura 1 (Nascimento *et al.*, 2016, *apud* Soares, 2005).

Figura 1: Evolução urbana de Maceió até 1980



Fonte: Japiassú, 2015

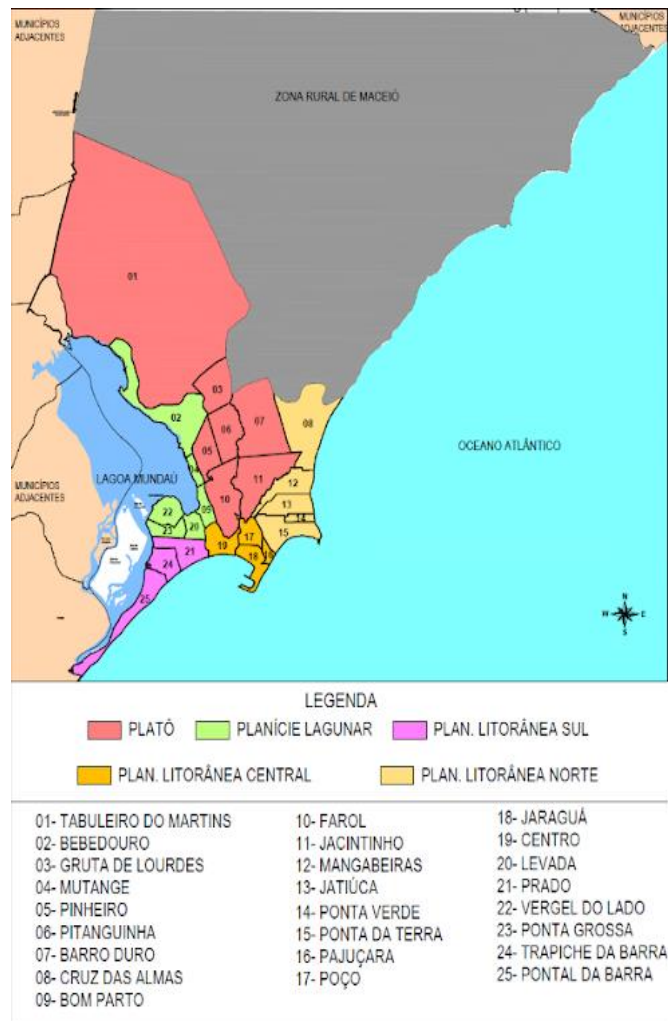
Segundo Duarte *et al.*, apenas em 1981, Maceió teve seu primeiro Plano Diretor, que nunca foi aprovado pela câmara municipal, e apenas em 2005, teve uma nova elaboração contendo parâmetros para o seu desenvolvimento e ocupação, complementa Calixto (2021).

Japiassú esclarece:

“A divisão de bairros na cidade de Maceió modificou-se em 1998 com a aprovação da Lei Municipal Nº 4.687/98. Quando do Plano de Desenvolvimento de Maceió (1981), a cidade tinha 25 bairros e ocupava uma área de 112,5 Km² (22% da área do município), conforme já descrito. Entretanto, quando da aprovação do Plano Diretor (2005) a quantidade de bairros já eram 50 e a cidade ocupava uma área de 197,4 Km² (39%)(Japiassú, 2015).

Observa-se a configuração feita pelo plano diretor de 1981, na figura 2, para a cidade de Maceió:

Figura 2: Divisão geomorfológica dos bairros de Maceió, segundo o PDM, 1981



Fonte: Japiassú, 2015

Silva Júnior (2009) acrescenta:

“Este crescimento ocorrido nas periferias das grandes cidades tem se caracterizado por uma expansão irregular, com pouca obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de loteamentos, além da ocupação irregular de áreas públicas por população de baixa renda” (*apud* Tucci, 2002).

Esse crescimento populacional provoca a expansão da área urbana, conforme apresentado na figura 3, que representa a expansão urbana em Maceió de 1982 a 1998.

Figura 3: Expansão urbana em Maceió



Fonte: Pedrosa, 2008 *apud* Alagoas, 2005

De acordo com os dados do IBGE (2010), Maceió cresce em ritmo acelerado, assim como as principais capitais brasileiras, principalmente, a partir da década de 70, quando o ritmo acelerou. Em síntese, em 40 anos, entre 1970 e 2010, a população urbana de Maceió cresceu 270,3% (quadro 1), passando de uma população urbana de 251.713 para 932.129 habitantes, numa taxa de crescimento anual de 6,7% (Japiassú, 2015) enquanto a população rural decresceu, reflexo do êxodo rural.

Quadro 1: População de Maceió de 1970 a 2010

Popul.	1970	%	1980	%	1991	%	2000	%	2010	%
Urbana	251.713	95,5	392.265	98,2	583.343	92,7	795.804	99,8	932.129	99,9
Rural	11.957	4,5	7.035	1,8	45.698	7,3	1.955	0,2	619	0,1
Total	263.670	100	399.300	100	629.041	100	797.759	100	932.748	100

Fonte: IBGE, 2010

Segundo o censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, Alagoas possui 3.120.494 habitantes e possui 0,631 como Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), sendo o menor do país, segundo a SEPLAG, Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio, cerca de 60% da sua população é vulnerável à pobreza e 16,6% vive na extrema pobreza. Na capital Maceió, não é diferente do restante do país, 12% da população vive em aglomerados subnormais, é nítido a desigualdade entre os bairros que compõem a cidade (figura 4), como cita Carneiro (2020):

Carneiro (2020):

“Apesar de Maceió apresentar um enfático crescimento do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), de 0,584 em 2000 para 0,721 em 2010, há uma discrepância destes valores na distribuição do território. De acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), Reginaldo I e II, comunidades que compõem o complexo do Vale do Reginaldo, apresentam IDHM de 0,625 e 0,573 respectivamente, enquanto unidades como Ponta Verde apresenta 0,956, o que enfatiza a formação desses hiatos de desigualdades” (Carneiro, 2020).

Figura 4: Desigualdade social representada por imóveis na região do Vale do Reginaldo e bairro do Farol



Fonte: Autores, 2023

Esse processo de expansão urbana “descontrolado” se dá por diversas causas, como cita Silva Júnior (2009), a má distribuição de renda, a falta de um planejamento e investimento públicos e a falta de medidas restritivas de ocupação de áreas de recarga de mananciais incompatíveis com a realidade brasileira.

Maceió cresceu desordenada, segundo Coelho (2008), sem ações de infraestrutura capazes de dotá-la de soluções efetivas, principalmente, para o saneamento básico local, que afeta significativamente a degradação do meio natural, especialmente a poluição dos recursos hídricos de superfície.

“Não obstante e apesar de divulgada como o “paraíso das águas”, Maceió representa um paradoxo: uma realidade de excesso e escassez no que diz respeito aos corpos de água. Há mar, laguna, rios e riachos, mas a péssima qualidade dessas águas revela sua outra face, o que compromete também a qualidade da paisagem urbana” (Fernandes, 2010).

Segundo o Ranking do Saneamento 2023 realizado pelo Instituto Trata Brasil, em relação aos 100 maiores municípios brasileiros com base na população, Maceió

ocupa a 93^o colocação de saneamento básico, enquanto em 2022 ocupava a 91^o colocação.

3.3 O esgotamento sanitário em Maceió

Brum e Wartchow (2017) afirmam que a falta de planejamento prévio e a expansão urbana desenfreada das grandes cidades, evidenciam a problemática da falta de tratamento dos efluentes e da elevada contaminação dos corpos hídricos. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2015), o índice de coleta de esgoto doméstico no país é de 55,17%, ou seja, praticamente apenas metade da população brasileira é contemplada com o serviço de coleta e transporte de esgoto sanitário.

Segundo dados da Secretaria Municipal de Infraestrutura de Maceió (SEMINFRA, 2023), a situação dos esgotos sanitários de Maceió começou a ser solucionada no ano de 1950, através da construção dos primeiros coletores de esgoto. Esse sistema foi implantado em apenas alguns locais da parte baixa da cidade, contempladas com cerca de 5 km de redes/interceptores/emissários, duas elevatórias e um tratamento a nível secundário, em que o efluente final era lançado na praia de São Sebastião, hoje chamada de Praia do Sobral. Mais à frente, em 1971, foi elaborado o Planejamento Geral dos Sistemas de Abastecimento D'Água e Esgotos Sanitário de Maceió, e em 1973 elaborado um projeto que compreendia uma área de cerca de 850 hectares, correspondente aos bairros de Pajuçara, Mangabeiras, Jatiúca, Ponta Verde, Ponta da Terra, Poço e Jaraguá.

Em 1976, foi elaborado o Relatório Técnico Preliminar do Sistema de Esgotos Sanitários de Maceió, em que foram reavaliados os parâmetros entre população e contribuição de esgoto, a nível de toda a área urbana de Maceió, adotando o sistema de esgotos sanitário para o tratamento desses efluentes. Logo mais, em 1977, houve uma revisão do projeto de 1973, tendo em vista a mudança dos logradouros e alterações nas vazões e assim implantado o sistema em toda a área.

Recentemente, segundo a empresa Conasa Infraestrutura, foram implantadas as redes coletoras de esgoto na zona alta de Maceió, compreendendo os bairros Farol, Pitanguinha, Gruta de Lourdes, Santo Amaro, Ouro Preto, Canaã e Jardim Petrópolis, com um total de 82 km de rede implantadas. Paralelamente, foram construídos diversos sistemas isolados em regiões entre as quais se encontram os

conjuntos José Tenório e Benedito Bentes, globalizando cerca de 58,5 km de rede.

De acordo com os dados do SNIS (2021), apenas 23,73% da população de Maceió tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário, cerca de 3% abaixo em relação a média do estado de Alagoas (585.673 habitantes) e 43% comparado ao país.

O Instituto Trata Brasil (2018), aponta que a capital alagoana possui cerca 36,33% de todo seu esgoto produzido tratado, tendo o nordeste uma média de 35,5%, porcentagem abaixo da média brasileira, que é de 51,20% , como afirma pesquisa realizada pelo SNIS (2021).

Com o novo marco do saneamento, regido pela Lei nº 11.445/2007, este percentual passará para 83% em 2029. Atualmente, áreas não beneficiadas com o sistema de esgotamento acabam lançando seus efluentes em corpos hídricos, como é o caso da bacia do Reginaldo.

3.4 O caso da bacia do Reginaldo

A bacia do Reginaldo (chamado na sua foz de Salgadinho), localizada em Maceió, é de grande importância socioambiental, ela está totalmente inserida no perímetro urbano no sentido norte-sul, e segundo Neves *et al.* (2007, p.3), é a principal bacia urbana da cidade e é representativa dos problemas ambientais e de infraestrutura da cidade.

De acordo com Peplau (2007), sua vazão de tempo seco é fortemente acrescida por despejos de esgotos domésticos ao longo de todo o percurso do riacho e seus afluentes, isso devido a problemática do crescimento desordenado somado com a falta de política pública para implantação de redes de infraestrutura de saneamento adequada.

Até a década de 1940, o riacho denominado inicialmente de Riacho Maçayó, tinha a sua foz localizada na Praia do Sobral, a qual foi desviada do seu curso original a partir do plano de urbanização para o local que se encontra atualmente. Durante a década de 50, o Riacho passou por uma drástica transformação de sua paisagem, sendo canalizado e retificado (SEMINFRA, 2023), o que acarretou no aterro do seu curso final e expansão da planície litorânea. Segundo a Secretaria de Infraestrutura de Maceió (2023), após a retificação, o Riacho passou a receber os despejos de esgoto sem tratamento, agravados pela ocupação ao longo de toda sua bacia.

De acordo com Silva Júnior (2008), os maiores afluentes da bacia em estudo estão na margem esquerda do rio principal e são o Riacho Pau D'Arco, Riacho Gulandi e o Riacho do Sapo, sendo os dois últimos canalizados praticamente em todo o seu curso, neles são identificados altos índices de poluição, principalmente causados, como afirma Peplau (2007), por esgotos e lixos domésticos, que se somam ao curso principal do Riacho do Reginaldo de forma direta ou difusamente (figura 5).

Figura 5: Esgoto sendo lançado na rede pluvial e sua saída na grota do Ouro Preto



Fonte: Peplau, 2007

O Riacho Reginaldo possui condicionantes hidrogeológicas que facilitam a incorporação de poluentes, em função da alta permeabilidade das rochas e pequena profundidade do lençol freático, permitindo que qualquer elemento potencialmente poluidor se infiltre rapidamente (Peplau, 2007). De acordo com os dados do IBGE (2005), a forma de esgotamento sanitário utilizado nos bairros de Maceió inclui o aproveitamento da rede pluvial existente, como é o caso dos bairros da bacia do Reginaldo (Quadro 2).

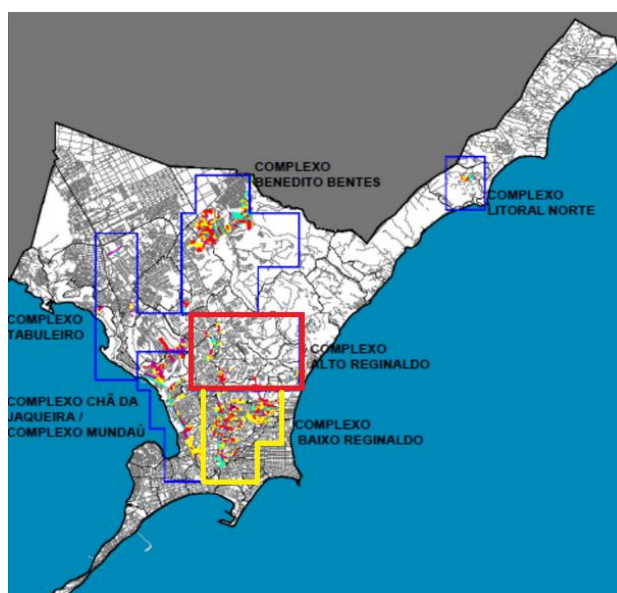
Quadro 2: Distribuição por tipo de esgotamento sanitário nos bairros do Riacho Reginaldo

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS DOMICÍLIOS, PARTICULARES, PERMANENTES POR EXISTÊNCIA DE BANHEIRO E POR TIPO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
BAIRROS	REDE GERAL DE ESGOTO OU PLUVIAL	FOSSA SÉPTICA	FOSSA RUDIMENTAR	RIO, LAGO OU MAR	NÃO TEM BANHEIRO
Antares	1,94	7,64	82,94	0,27	3,71
Barro Duro	2,15	45,99	45,18	0,46	2,34
Canaã	1,63	33,88	58,45	4,51	1,44
Centro	71,98	5,01	16,13	0,10	1,38
Farol	50,82	24,46	17,50	0,69	2,17
Feitosa	10,65	38,75	34,12	9,56	3,51
Gruta de Lourdes	2,84	68,61	23,36	2,63	2,16
Jacintinho	21,03	14,50	51,56	2,98	2,21
Jaraguá	47,06	5,61	4,38	1,31	40,05
Jardm Petrópolis	4,10	80,37	9,17	-	4,21
Jatiúca	73,09	18,69	7,79	0,02	0,26
Mangabeiras	46,96	28,00	20,44	0,08	4,52
Ouro Preto	2,72	8,57	85,58	2,40	0,42
Pitanguiha	7,90	32,79	47,42	6,57	2,66
Poço	87,77	5,54	1,70	3,90	0,97
Santa Lúcia	0,87	2,81	95,23	-	0,84

Fonte: Peplau, 2007 *apud* IBGE, 2005

O Plano de Redução de Riscos de Maceió, PMRR (2007) classifica o vale em complexo Alto Reginaldo e complexo Baixo Reginaldo, como podemos identificar as regiões correspondentes as mesmas em vermelho e amarelo, respectivamente na figura 6, do modo que concentra as grotas da bacia do Reginaldo consequência da falta de políticas públicas. Essas regiões sofrem com a falta de saneamento básico de qualidade, principalmente em relação ao esgotamento sanitário.

Figura 6: Mapa geral dos complexos de risco



Fonte: Plano Municipal de Redução do Risco, 2007

3.5 A problemática do Vale do Reginaldo

O Vale do Reginaldo é uma porção da bacia do Riacho Reginaldo, entre o trecho médio e final, e possui boa parte do seu território entre os bairros do Jacintinho e Feitosa e entre Jacintinho e o bairro do Farol (Calixto, 2021).

Ele não é considerado bairro pela prefeitura e segundo dados informados pela SEMINFRA (2018), sua população já ultrapassa os 35 mil habitantes que residem em construções disformes, irregulares e às vezes sobrepostas, onde em sua maioria ocupa casas de alvenaria razoavelmente conservadas e outra parte reside em habitações com situações precárias, que incluem barracos de madeira e papelão (figura 7). Segundo dados da SEMINFRA (2018), a renda mensal de 96,67% da população não ultrapassa dois salários mínimos e 29,11 % recebem até 1 (um) salário mínimo, sendo mais frequentes as atividades através do setor informal de trabalho, e cerca de 47,9% da população economicamente ativa (19 a 45 anos) não tem o ensino médio completo (Calixto, 2021).

Figura 7: Vale do Reginaldo



Fonte: Autores, 2023

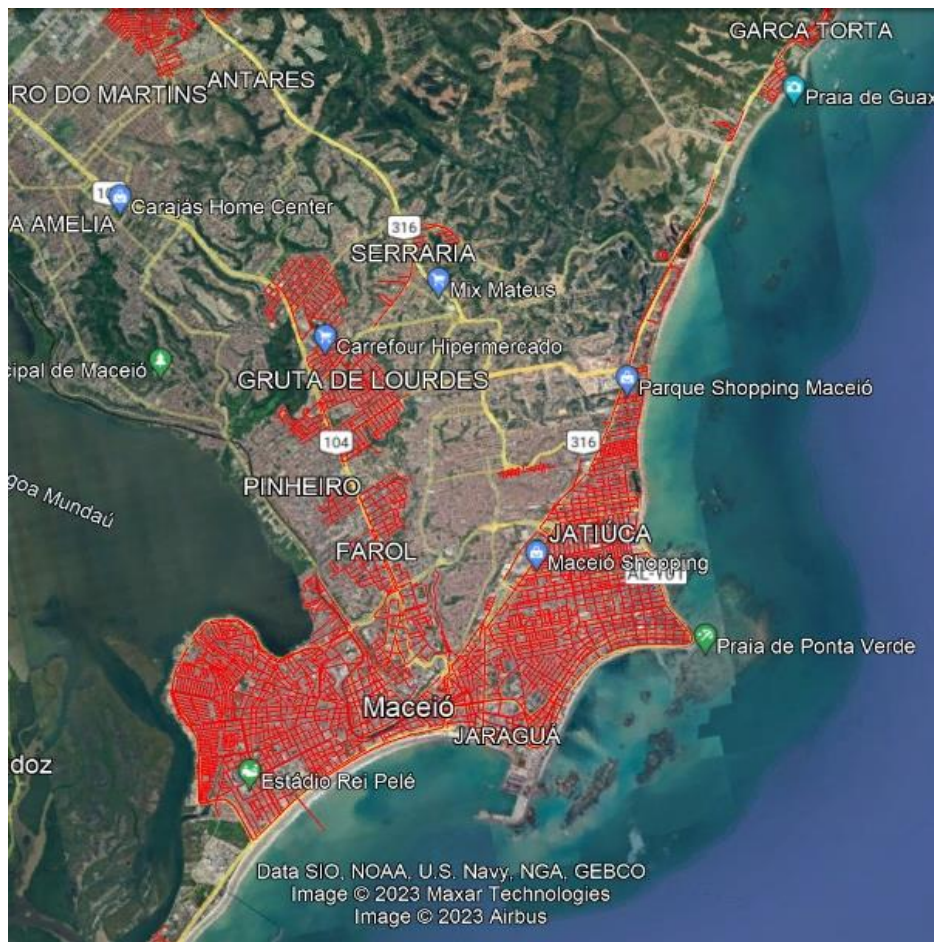
Na caracterização do Vale do Reginaldo, um Relatório de Avaliação Ambiental de 2007, realizado a pedido da Prefeitura Municipal de Maceió, descreveu os seguintes termos:

Na área em estudo, o crescimento urbano veio desacompanhado de um planejamento que pudesse absorver as necessidades de oferta de moradia, equipamentos urbanos, serviços públicos de transporte, educação e saúde pública. [...] Atualmente, tendo a maioria de sua paisagem natural quase que

completamente modificada antropizada, a área [...] caracteriza-se pela presença de ocupação desordenada, com a área de drenagem natural do riacho do Reginaldo canalizado com estrutura fixa revestida por concreto e completamente poluída, perdendo sua função ecológica e acarretando uma série de danos à saúde pública [...] (Calixto, 2021 *apud* Prefeitura de Maceió. Op. Cit., p. 124.)

De acordo com Holz (2010), a inexistência de uma rede de esgotamento (figura 8) sanitário nas áreas que não são atendidas pela CASAL (atualmente BRK Ambiental), faz com que na maioria das vezes as ligações de esgotos sejam diretamente lançadas na rede pluvial (Figura 9), promovendo assim a poluição dessas águas, a proliferação de doenças de veiculação hídrica durante os eventos de alagamentos, passando a não ser mais reconhecido como um elemento natural do espaço urbano, complementa Barros (2017).

Figura 8: Mapa de esgotamento sanitário e rede interceptora



Fonte: BRK Ambiental, 2023

Figura 9: Disposição de resíduos líquidos, sem tratamento algum, no leito do riacho



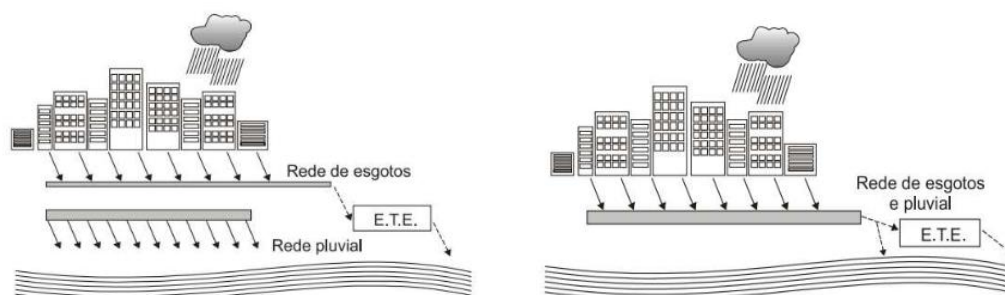
Fonte: Barros, 2017

O descarte inadequado desse efluente, configura um grande problema ambiental, pois danifica a qualidade das águas e afeta os ecossistemas aquáticos. Destacam-se como danos gerados o aumento da turbidez e alteração da coloração da água, o transporte de lixos e objetos, o lodo gerado quando o esgoto é depositado podendo afetar a fauna e flora locais, também há um aumento da presença de matéria orgânica, havendo assim uma redução do oxigênio na água, bem como o aumento dos níveis de nitrogênio e fósforo dos mananciais que proporcionam a ocorrência de eutrofização local e, conseqüentemente, danos ao abastecimento local e aos organismos aquáticos e a contaminação por micro poluentes, como pontua Gehling e Benetti (2005).

Desta forma, pode-se concluir que a situação do esgotamento é crítica na área do vale do Reginaldo, no qual residem, segundo o censo demográfico de 2010, 10% (dez por cento) da população municipal.

No Brasil, segundo Noro (2012), tem-se por regra o uso de redes coletoras separadoras absolutas (sistema no qual o esgoto pluvial é totalmente separado do esgoto sanitário), consideradas ideais para o transporte de águas residuais e pluviais (figura 10), em detrimento da utilização de redes combinadas ou unitárias (sistema em que tanto o esgoto sanitário quanto o pluvial são transportados através da mesma rede de tubulações).

Figura 10: Representação do sistema absoluto e sistema combinado, respectivamente



Fonte: Noro, 2012 *apud* Tsutiya, 2004

Na região do Vale do Reginaldo, pela ausência de rede coletora de esgoto, o mesmo é lançado diretamente no riacho Reginaldo (Figura 11 e 12), direcionando seu fluxo para a Praia da Avenida. O sistema, que seria apenas para drenagem de águas pluviais e o curso normal do riacho, acaba semelhante a um sistema unitário.

No complexo alto e baixo reginaldo foram catalogadas pelo IBGE (2010), 1754 domicílios e o tipo de esgotamento sanitário que é usado pelas residências (quadro 3), como não há rede de esgotamento, 647 utilizam a rede pluvial para o descarte de esgoto, 59 fossa séptica, 179 fazem uso da fossa rudimentar, 205 utilizam vala para o descarte e 626 despejam seu esgotamento no rio, lago ou mar.

Quadro 3: Tipo de esgotamento sanitário em domicílios do Vale do Reginaldo

Tipo de esgotamento sanitário em domicílios particulares								
Setor	Total de domicílios	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro	Não tinham banheiro ou sanitário
Reginaldo I	1182	549	55	118	81	354	8	17
Reginaldo II	572	98	4	61	124	272	4	9

Fonte: Adaptada de IBGE (2010)

Figura 11: Saída das tubulações de esgoto das casas do Reginaldo direcionadas para o canal



Fonte: Autores, 2023

Figura 12: Ligação irregular de esgoto no Riacho Reginaldo



Fonte: Autores, 2023

Como consequência das ligações irregulares de esgoto para o sistema de drenagem pluvial, nesse caso o riacho Reginaldo, ao desembocar na Praia da Avenida, é observado a formação do fenômeno conhecido como “línguas sujas” (figura 13).

Figura 13: Língua suja observada na praia da Avenida na saída do Riacho Salgadinho



Fonte: Silva, 2014 *apud* Casal, 2011

Pensando em um paliativo para a situação do esgotamento do local em detrimento da poluição gerada, observou-se ele como um sistema unitário. Para Noro (2012), o tratamento total dos efluentes desse sistema, incluindo as contribuições pluviais, é um processo extremamente oneroso, pois exige a construção de grandes sedimentadores para atender a vazão. Assim também, segundo Brum e Wartchow (2017), como o Brasil é um país de clima tropical, em períodos chuvosos acaba por aumentar consideravelmente as vazões transportadas na rede, tornando inviável o tratamento total do efluente.

Outra questão se dá pela administração dos serviços de drenagem urbana e de esgotamento sanitário na cidade, em que uma é regida pela prefeitura municipal e outra pela concessionária do estado, tornando complicada a tratativa ao observar o mesmo como um sistema unitário.

3.6 Agenda 2030

De acordo com Santos (2019), a Organização das Nações Unidas, ONU, elaborou em 2015, os objetivos do desenvolvimento sustentável, mais conhecido como Agenda 2030, com metas a serem alcançadas até 2030 que desafiam todos os países a buscarem soluções inovadoras e transparentes no nível local e global. O 6º objetivo, dos 17 idealizados, traz a necessidade de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, buscando-se assim

projetos voltados para a melhoria da infraestrutura de saneamento básico que engloba o tratamento de efluentes e a qualidade da água, a fim de um olhar equitativo, principalmente para as comunidades mais vulneráveis (Canali, 2020 *apud* Neckel *et al.* 2016).

3.7 Métodos convencionais de tratamento de esgoto

O tratamento de efluentes produzidos em uma em uma cidade é fundamental para a saúde e qualidade de vida da população, evitando que o mesmo seja lançado *in natura* diretamente no corpo hídrico, assim reduzindo de forma significativa as doenças causadas por essa veiculação e a contaminação da vida aquática.

O tratamento de esgoto doméstico em uma região pode ser feito através de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), ou de forma individual, na própria residência onde é gerado.

3.7.1 Estação de tratamento de esgoto convencional (ETE)

A estação de tratamento de esgoto é responsável pelo recebimento do esgoto coletado a partir das redes de esgoto instaladas e por promover o tratamento adequado. Assim, as águas já despoluídas retornam a natureza em boas condições, conforme os parâmetros exigidos pelos órgãos ambientais, preservando assim os corpos hídricos.

Segundo Diniz Filho (2018), em uma ETE convencional o tratamento é composto por cinco etapas:

1- Pré tratamento, no qual são retidos os materiais mais grosseiros, como o lixo, em um filtro formado por grades, e areia através do processo de desarenação;

2- Tratamento primário, cujo objetivo é a remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis;

3- No tratamento secundário o esgoto é exposto à ação de seres microscópicos no tanque de aeração, com a finalidade de remover uma maior quantidade de matéria orgânica;

4- O líquido é submetido a um processo de decantação, em que é separado o lodo. Esse lodo, após o tratamento, pode ser descartado em aterros sanitários ou utilizado como fertilizante, devido ao seu alto teor de matéria orgânica (Diniz Filho,

2018);

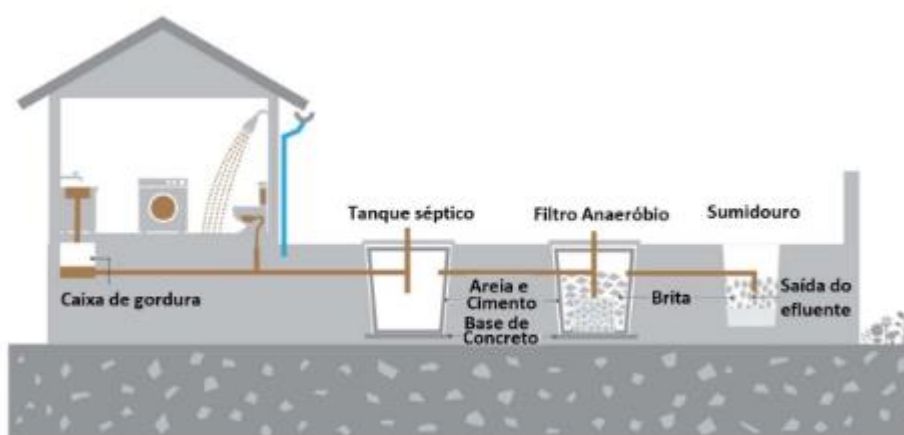
5- O tratamento terciário tem a finalidade de remover organismos patogênicos, nitrogênio, fósforo, entre outros, a fim de tornar a água potável (Farrugia, 2013).

3.7.2 Fossa séptica biodigestora

Algumas regiões como as zonas rurais, e em alguns casos, bairros de periferia, possuem deficiência no saneamento básico. Por isso, nesses ambientes, a coleta e o tratamento de esgoto deve ser feito com o auxílio das fossas sépticas. Dentre os principais tipos de fossas, estão as biodigestoras, e quando bem executada, a fossa biodigestora devolve para o solo a água tratada e que não oferece risco de contaminação para a natureza.

Esse sistema geralmente é composto por duas caixas (figura 14). Na primeira etapa, o efluente fica armazenado por um determinado período e passa pela biodigestão, através de uma mistura de esterco de boi e água. Quando a primeira caixa começa a encher, ela transborda para a segunda etapa, que funciona como um filtro anaeróbico. O efluente tratado geralmente infiltra no solo através de um sumidouro, e o material orgânico final é rico em nitrogênio, fósforo e potássio, além de micronutrientes que podem ser usados como adubo orgânico, seguro e natural (Blog Limpa Fossa, 2019).

Figura 14: Esquema de fossa séptica biodigestora



Fonte: Diniz Filho, 2018

Apesar da efetividade do sistema, pelo volume encontrado em áreas urbanas sem saneamento público, acaba sendo pouco viável e, por consequência, surgiriam problemas de entupimento. Além disso, a fossa séptica é mais adequada para tratar

apenas o efluente do vaso sanitário, que são levados diretamente para a primeira etapa pela ligação de canos, levando um período maior para retenção do que as águas cinzas. Dessa forma, é mais econômico direcionar a água cinza, que é mais volumosa e tem menor carga orgânica, a uma fonte alternativa de tratamento (Diniz Filho, 2018).

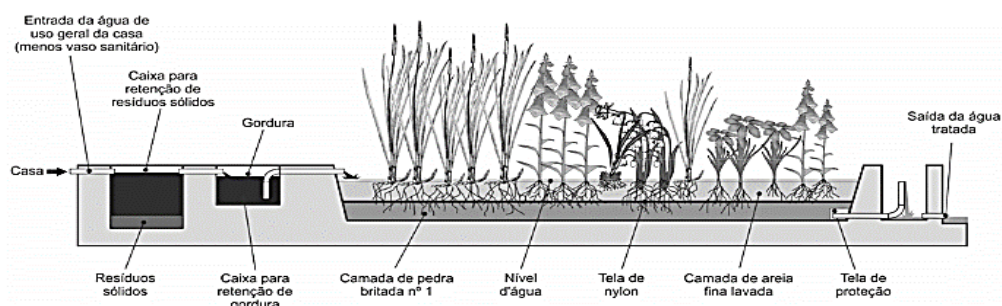
Ademais, para o sumidouro, que desempenha papel importante no tratamento dos efluentes, é necessária uma grande profundidade para sua completa percolação e tratamento, sendo inviável sua implantação na região litorânea, pois o lençol freático está bem próximo à superfície. Nesse caso, o mais indicado seria a adoção da vala séptica, solução essa que requer grandes extensões territoriais, o que torna esta uma alternativa inviável para a região, pois representa uma das mais habitadas e desenvolvidas da região.

3.7.3 Os jardins filtrantes

O jardim filtrante é um pequeno lago impermeabilizado, que contém pedras, areia e plantas aquáticas. Este será adotado como sistema de tratamento pelo Projeto Renasce Salgadinho, principalmente para a área do Vale do Reginaldo, devido às suas características e vantagens, já observadas em outras implantações como Niterói-RJ e Sobral-CE.

As plantas aquáticas presentes no sistema realizam a filtragem de água poluída com elementos contaminantes por meio de fitofiltragens, reproduzindo artificialmente a forma como a natureza opera áreas alagadas, como brejo, pântanos e várzeas. Esses ecossistemas planejados têm como objetivo recriar condições ideais para ocorrência da depuração de esgotos, ao passo que agrega harmonização paisagística, arquitetônica e social (Silva, 2021). A figura 15 mostra um esquema de como seria um jardim filtrante.

Figura 15: Esquema dos jardins filtrantes



Fonte: Canali, 2020 *apud* PlanteVida, 2018

Segundo Henrique, *et al.* (2020), a tecnologia é de origem francesa e sua aplicação como alternativa de tratamento teve início em meados da década de 1970, na Alemanha. No início da utilização de zonas úmidas artificiais como tratamento biológico de efluentes, eram poucas as informações quantitativas de comparação entre espécies, locais adequados, climas, etc (Ribeiro, *et al.*, 2018).

O sistema natural de tratamento de esgoto consiste em utilizar plantas macrófitas aquáticas para filtrar poluentes do esgoto, como os metais pesados (Lima, 2015). Canali (2020) complementa que as espécies utilizadas dependem da região na qual o sistema será instalado, o que necessita uma análise para cada caso. Segundo Sezerino (2003), a utilização de plantas aquáticas para o tratamento de água se justifica por sua intensa capacidade de absorver nutrientes e pelo crescimento acelerado, oferecendo também facilidades na sua retirada e pelo amplo uso de sua biomassa, podendo ser reutilizada como adubo e ração animal.

- Benefícios do sistema

Como afirma Canali (2020), além do tratamento do esgoto, o sistema pode ser utilizado em prol da qualidade de vida da população, tanto pelo aspecto do saneamento, quanto pelos fatores sociais. A tecnologia aplicada é considerada de baixo custo de implantação, comparada à outras do ramo, apresentando uma manutenção simples e barata, além de não utilizar produtos químicos no tratamento e do próprio baixo consumo energético.

Ademais, o sistema é responsável por boa parte da umidade da região, reduzindo os efeitos da ilha de calor, trazendo um melhor equilíbrio térmico para a cidade, bem como o aumento das áreas verdes e reciclagem natural de águas cinzas, havendo ainda a possibilidade de criar e expandir jardins onde antes não era valorizado (Lima, 2015).

- As plantas e a fitorremediação

Rocha (2016) afirma que a escolha das plantas se baseia na capacidade de “fitoextração” dos micropoluentes e nutrientes presentes na água, com a capacidade de autodepuração do meio úmido plantado, e deve seguir alguns fatores, tais como:

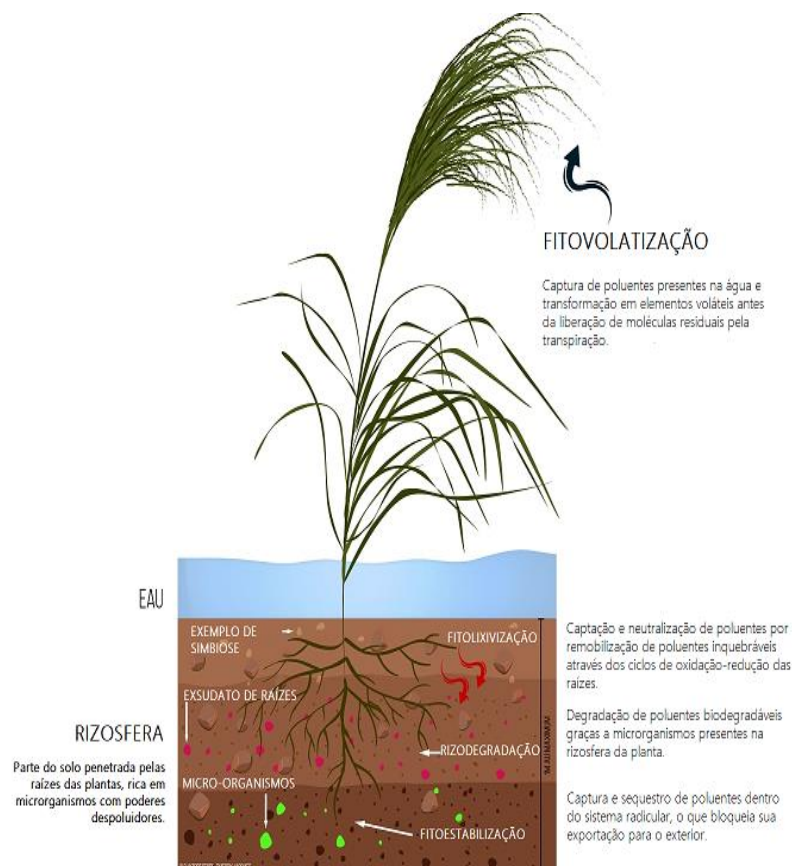
- Rusticidade: capacidade de resistir às diversas variações do meio

(secas, inundações, acidez, etc.);

- Consumo de oxigênio;
- Tolerância a diversos tipos de poluentes;
- Grandes sistemas de raiz, rastejando e ramificada (volume da rizosfera e produtividade biológica).

A fitorremediação (fito = planta e remediação = corrigir) consiste, segundo Vasconcellos *et al.* (2012), em utilizar plantas para degradar, extrair, conter ou imobilizar contaminantes do solo e água. Segundo Rocha (2016), diversas técnicas como a fitovolatilização (remoção dos poluentes e subseqüentes lançamentos para a atmosfera), fitodegradação (quebra dos poluentes pelo metabolismo da planta), fitoextração (extração dos contaminantes do solo pela planta) e rizodegradação (degradação dos contaminantes por microorganismos da rizosfera) são combinadas para alterar a forma físico-química dos poluentes, transformando-os em elementos que serão absorvidos e retidos pelas plantas (figura 16).

Figura 16: Fitorremediação



Fonte: Adaptada de Phytorestore, 2023

Ainda segundo Rocha (2016), a fitorremediação é capaz ainda de eliminar os poluentes dos meios contaminantes citados abaixo:

- Efluentes sanitários e industriais;
- Águas fluviais;
- Reabilitação progressiva do solo;
- Tratamento de ar;
- Rejeitos urbanos;
- Lodos provenientes de ETE's;
- Despoluição dos rios.

- Funcionamento

Sabe-se que o jardim filtrante tem seu funcionamento ligado à presença de processos biológicos, químicos e físicos nas chamadas zonas de raízes. Esses processos ocorrem entre plantas macrófitas e os microrganismos presentes no jardim, e ocorrem de modo natural e em uma relação de protocooperação (Rocha, 2016).

O tratamento preliminar é composto por uma grade, um desarenador e uma calha Parshall para a regularização de vazão de entrada (Silva, 2021 *apud* Von Sperling, 2017). De acordo com Ribeiro (2018), o tanque de recebimento é o ponto inicial onde o esgoto é recebido, acumulado e aerado até que haja volume suficiente para um ciclo.

Esse tanque tem por objetivo barrar a passagem de macro sólidos através da grade, a fim de evitar que haja interferência no bom funcionamento do sistema; através do desarenador são removidas as partículas em suspensão, que são facilmente decantáveis, através do processo de sedimentação; com o auxílio da calha de *Pharsall* é possível medir a vazão de entrada de efluente e promover sua oxigenação a fim de induzir o aumento do biofilme de bactérias aeróbicas, como afirma a empresa Phytorestore; e após atingir o volume de projeto, o efluente é bombeado para os filtros verticais.

De acordo com Ribeiro (2018) e Rocha (2016), a estruturação mais comum para os filtros dos jardins consiste nas três etapas citadas abaixo, as quais podem ser visualizadas na figura 17.

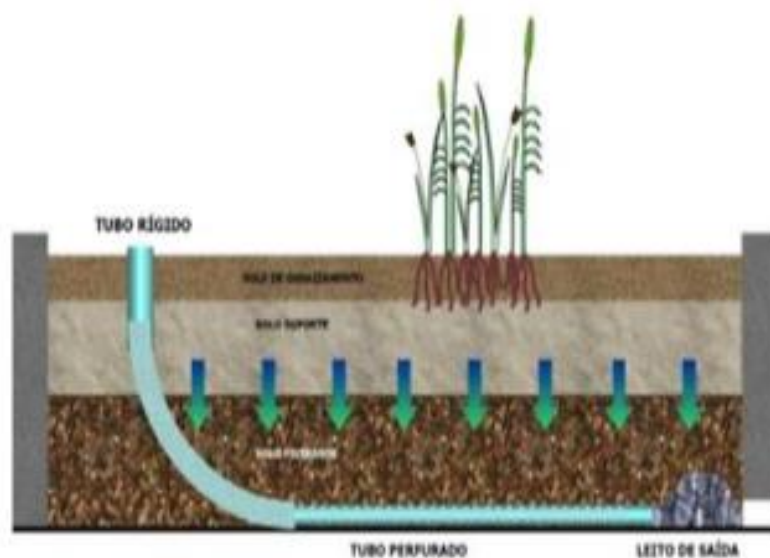
Figura 17: Etapas dos jardins filtrantes



Fonte: Phytorestore, 2023

- I. Filtro vertical: o objetivo é a remoção de sólidos e materiais em suspensão, bem como, a retenção de óleos e graxas, além da consequente redução da carga orgânica expressa em DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) (Figura 18). A presença de oxigênio permite a ocorrência de importantes processos químicos como a nitrificação e a mineralização dos depósitos orgânicos (Phytorestore, 2023).

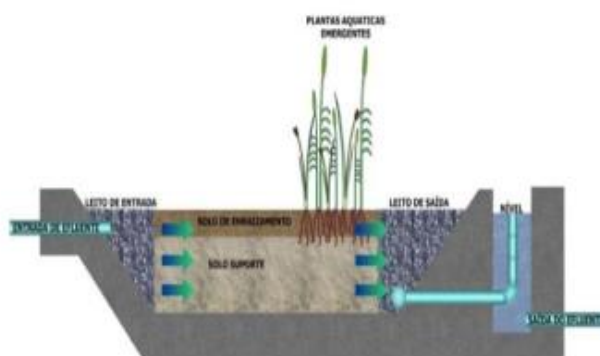
Figura 18: Sistema de fluxo vertical



Fonte: Rocha, 2016

- II. Filtro horizontal: é feito um “polimento” da etapa anterior, ou seja, uma remoção adicional dos sólidos suspensos e bactérias (Figura 19). Devido à sua limitada capacidade de transferência de oxigênio pelo meio anaeróbico, é mais eficiente na remoção de poluentes como Nitrato, Sulfato, Fósforo, DBO e DQO (Phytorestore, 2023).

Figura 19: Sistema de fluxo horizontal



Fonte: Rocha, 2016

III. Lagoa plantada: ocorre a deposição de qualquer sólido que possa ter restado após as filtrações. Nesta etapa, é promovida uma desinfecção através da penetração dos raios UV do sol, deixando o efluente final livre de contaminações e patógenos (Ribeiro, 2018). A água que chega nesta etapa pode ser utilizada para alguns fins específicos como irrigação das áreas verdes, pois as plantas introduzidas têm a propriedade de introduzir uma grande quantidade de oxigênio.

3.8 Programa Renasce Salgadinho

O Programa Renasce Salgadinho nasce com a promessa de recuperar as águas do Riacho Salgadinho, como seu próprio nome cita, assim como desenvolvimento na área urbana envolvida. Com obras ainda em andamento, ele vem com a proposta de requalificar e revitalizar o riacho, trazendo uma nova ambientação e melhoria na qualidade de suas águas.

O programa é citado como a maior obra de saneamento já vista em Maceió, pois além da intervenção direta no riacho Salgadinho, são necessárias também ações específicas nos pequenos canais que compõem seu sistema. O Riacho Pau D'Arco, Sapo, Gulandi e Águas Férreas, terão suas águas canalizadas para o Salgadinho e serão tratados por meio dos jardins filtrantes.

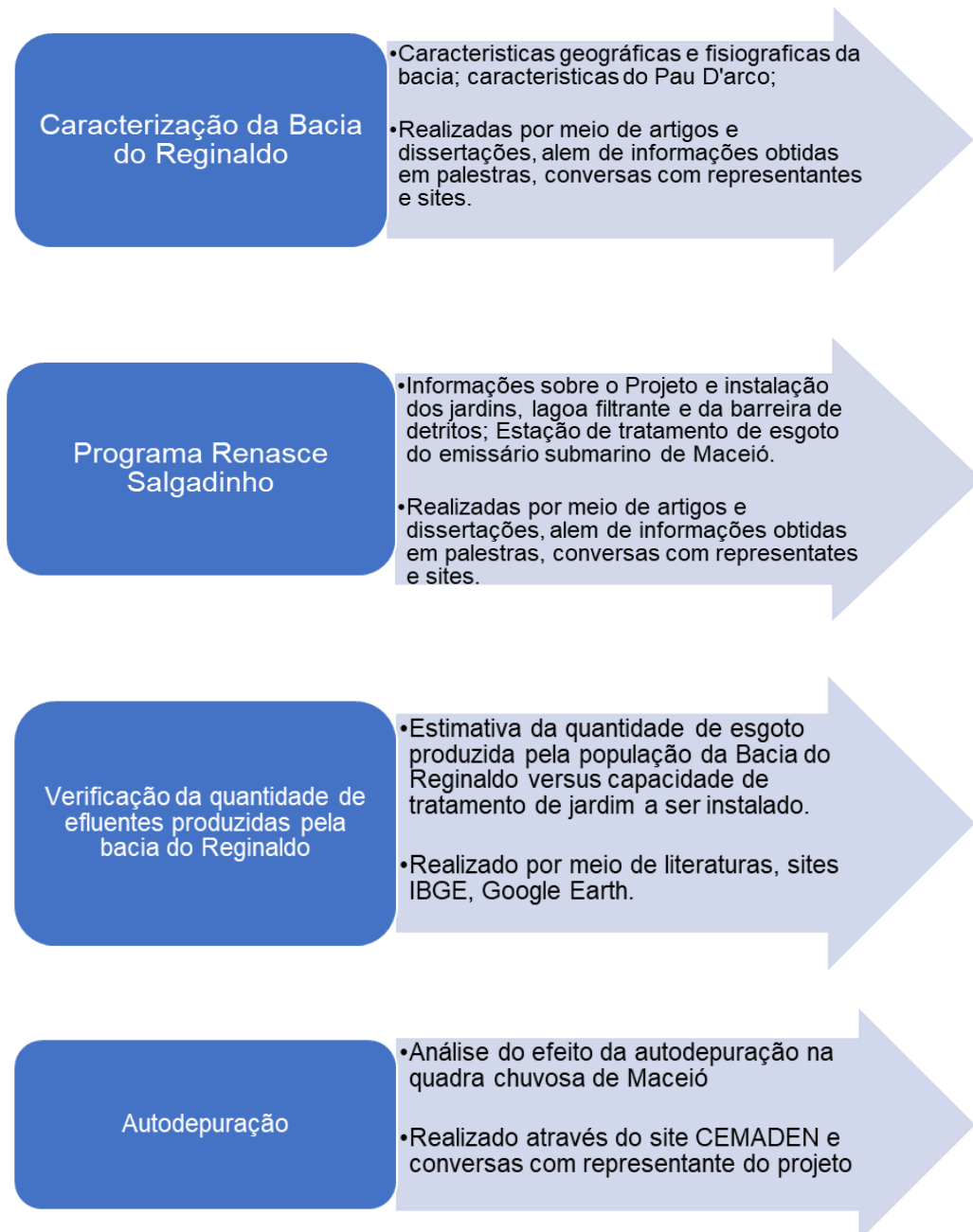
Nessa perspectiva, serão mais de 20 intervenções previstas, tais como cita a SEMINFRA (2023), trabalhos de requalificação ambiental, modernização das vias, melhorias no sistema de drenagem, recomposição, construção de passarelas, sinalização, reurbanização e a implantação de oito barreiras de contenção de detritos,

bem como uma lagoa e jardins filtrantes.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho está estruturado em quatro processos metodológicos, como exposto na Figura 20, para melhor compreensão.

Figura 20: Metodologia empregada no estudo



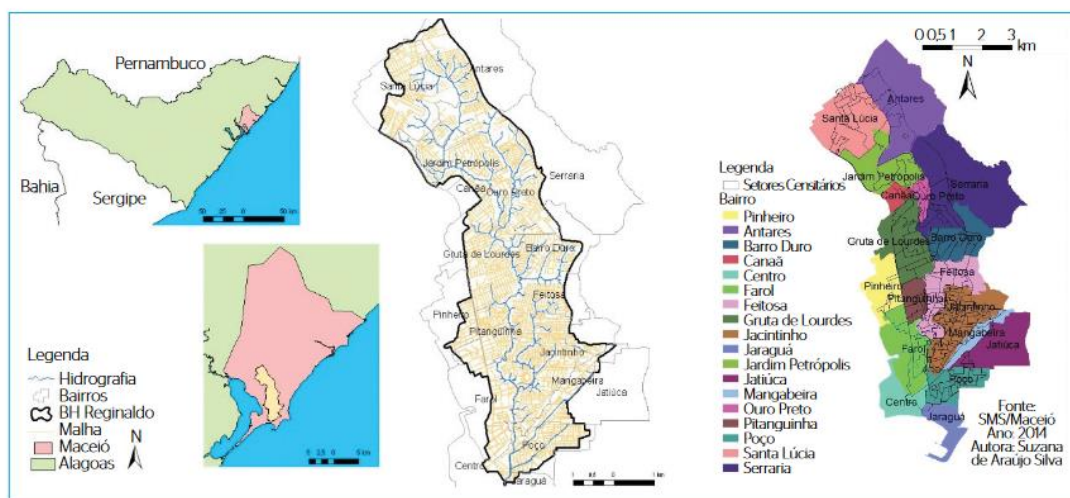
Fonte: Autores, 2023

4.1 Caracterização da área de estudo

A bacia do Reginaldo, objeto de estudo, tem sua nascente localizada na região do Tabuleiro dos Martins, mais precisamente no bairro de Santa Lúcia e Antares, e drena cerca de 11% de toda área urbana do município, passando por 17 bairros (Santa Lúcia, Antares, Jardim Petrópolis, Ouro Preto, Canaã, Serraria, Gruta de Lourdes, Barro Duro, Feitosa, Jacintinho, Pitanguinha, Farol, Mangabeiras, Jatiúca, Poço e Centro e Jaraguá), conforme figura 21, e desemboca na praia da Avenida próxima à região portuária (Pedrosa, 2008). Nesse viés, é considerada uma das principais bacias hidrográficas da capital alagoana.

Além de ser delimitada por dois eixos viários de relevância da capital alagoana (Avenida Fernandes Lima e Via Expressa), ela vem se tornando uma área importante para estudos nos mais diversos aspectos, tais como, sociais, ambientais, saúde pública e infraestrutura urbana, já que apresentam problemas em todas as regiões citadas, afirma Gama (2013).

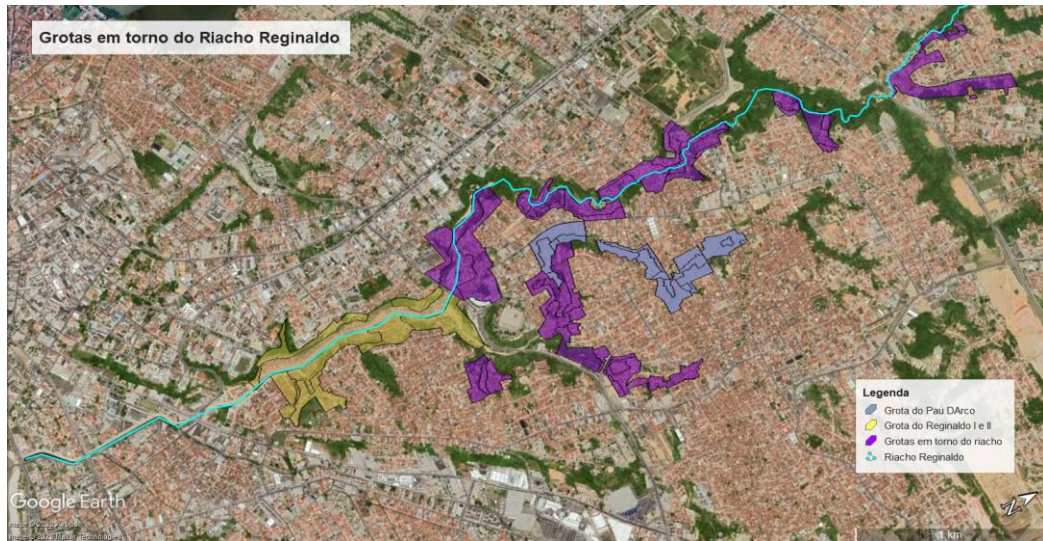
Figura 21: Localização da bacia do Reginaldo



Fonte: Carneiro, 2020

Como afirma Barros (2017), atualmente a bacia concentra uma população de mais de 240.000 pessoas, o equivalente a 1/4 da população total urbana (Maceió, 2016), que em boa parte habita áreas classificadas como de risco, tais como encostas e fundos de vales próximos às margens do riacho (figura 22), sujeitas às consequências das precipitações e deslizamentos, interferindo diretamente na dinâmica das águas urbanas, como declara Fernandes (2010).

Figura 22: Grotas em torno do Riacho Reginaldo, com foco no Pau D 'arco em azul e Reginaldo I e II em amarelo



Fonte: Adaptado de Dados AL

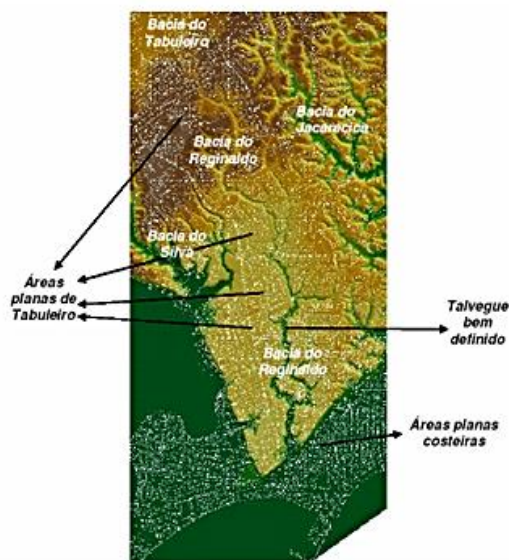
O estudo da bacia do Reginaldo teve foco na região próxima ao Vale do Reginaldo, onde está sendo feita a execução do Projeto Renasce Salgadinho, no que diz respeito ao tratamento das águas que chegaram à praia da Avenida.

4.1.1 Características Fisiográficas

A bacia do Riacho Reginaldo apresenta cota zero (nível do mar) em sua foz e cota máxima de 98m na parte mais elevada da bacia e drena uma área de 26,28 km² (cerca de 13,7% do total da área urbana).

Outra propriedade importante da bacia é no que diz respeito ao seu escoamento superficial (Figura 23). Segundo Neves (2007), algumas características fisiográficas são por si só fatores de influência, descritos logo abaixo (figura 23).

Figura 23: Principais aspectos fisiográficos da bacia do Reginaldo



Fonte: Peplau, 2007

- a) Forma alongada: proporciona uma melhor dinâmica de fluxo em relação ao volume escoado, diminuindo o risco de transbordamento, porém o aumento da ocupação aumenta esse risco.
- b) Áreas planas de tabuleiro: áreas mais altas na qual o escoamento superficial é mais lento, chegando ao talvegue por escadarias hidráulicas e/ou calhas para as grotas. Os pontos de alagamento são comumente localizados em logradouros com precária infraestrutura e devido à falta de manutenção preventiva no sistema de águas pluviais.
- c) Vale bem definido: se deve ao fato da proximidade de encostas íngremes em margens opostas. É mais susceptível a cheias naturais, por isso há naturalmente a limitação da ocupação deste local. Porém, na prática, tal condição adversa não é respeitada e o fundo do vale vem sendo indevidamente ocupado.
- d) Áreas planas costeiras: pelas condições topográficas das sub-bacias Sapo e Gulandim, seu escoamento é lento, mas os pontos de alagamento ocorrem muito mais pela forma da urbanização presente do que pelo transbordamento dos canais.

4.1.2 O Riacho Pau D'Arco

O Riacho Pau D'Arco está localizado no trecho intermediário da bacia do Riacho Reginaldo (figura 24), percorrendo aproximadamente 3,8 km pelo bairro do Feitosa e Jacintinho, totalizando uma área de 2,74 km², com sua nascente situada a

uma cota de 65 metros e sua foz a 7 metros. Sabe-se ainda que sua área tem ocupação de cerca de 70% por residências, e aproximadamente 11,4% por vias públicas.

Figura 24: Localização do Riacho Pau D'Arco em relação ao Riacho Reginaldo



Fonte: Adaptado de Dados AL, 2023

Pelo IBGE (2010) o Pau D'Arco é dividido em I, II e III, a região não possui rede coletora de esgoto, o que torna evidente, por meio da qualidade da água, o lançamento de esgoto diretamente nas águas do riacho que, segundo o Projeto Renasce Salgadinho, é o afluente que possui maior concentração de poluentes entre os demais.

No complexo Pau D'arco foram catalogadas pelo IBGE (2010), 1243 domicílios e os seus respectivos tipos de esgotamento sanitário, de acordo com o quadro 4, que são usados pelas residências. Como não há rede de esgotamento, 275 utilizam a rede pluvial para o descarte de esgoto, 39 fossa séptica, 348 fazem uso da fossa rudimentar, 73 utilizam vala para o descarte e 491 despejam seu esgotamento diretamente no rio, lago ou mar, como observado na figura 25.

Quadro 4: Tipo de esgotamento sanitário em domicílios do Pau D'Arco

Tipo de esgotamento sanitário em domicílios particulares								
Setor	Total de domicílios	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro	Não tinham banheiro ou sanitário
Pau D'Arco I	624	20	24	207	8	360	1	4
Pau D'Arco II	179	119	-	40	-	19	-	1
Pau D'Arco III	440	142	15	101	65	112	-	5

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Figura 25: Esgoto “in natura” na foz do Riacho Pau D’Arco



Fonte: Arquivo SEMINFRA, 2023

4.2 Execução do Programa Renasce Salgadinho

A intervenção do programa no que se refere ao direcionamento das águas dos riachos tem início no riacho Reginaldo (figura 26). Assim, todo o fluxo vindo da parte alta da cidade até o ponto onde está sendo implantada a Estação Elevatória de Esgoto do Reginaldo (EEE – Reginaldo), localizada antes do Riacho do Sapo, será direcionado para a mesma. Além disso, a intenção do projeto é implantar (já em fase de execução) uma estação elevatória de esgoto para receber a vazão de cada afluente e, posteriormente, recalca-la para a EEE – Reginaldo com destino final à estação de tratamento do Emissário Submarino e consequente lançamento no oceano.

Figura 26: Locais de intervenção do projeto Renasce Salgado



Fonte: SEMINFRA, 2023

4.2.1 A implantação do jardim filtrante

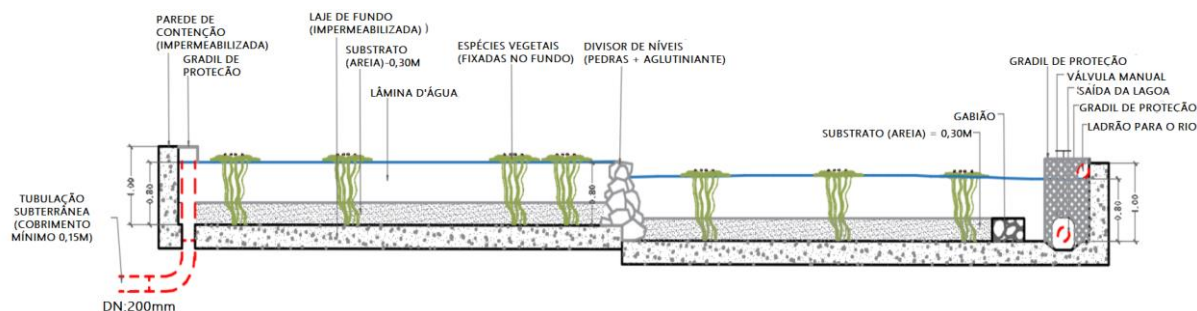
Nos estudos da qualidade da água realizados pelo Projeto Renasce Salgado de cada trecho do riacho, foi observado que o Riacho Pau D'Arco continha esgoto in natura com maior concentração, justificando a proposta do projeto na implantação do sistema de jardins filtrantes para seu tratamento. O objetivo desse sistema para o Pau D'Arco é a diminuição da sua carga orgânica para que seja também direcionado para a EEE – Reginaldo.

Para o tratamento e melhora da água deste riacho foram previstas a implantação de três jardins filtrantes, cada um com 12 m de comprimento e 3 m de largura e uma lagoa filtrante, conforme figura 27 e 28. O fluxo das águas do Riacho Pau D'Arco seguirão da seguinte forma: após contenção da grande quantidade de lixo descartado, o efluente segue para a elevatória que fará o controle da vazão de entrada da lagoa filtrante, que passará pelo devido tratamento anaeróbico, e será recalcado para os jardins filtrantes ao longo de um trecho de 700 m após a afluência do Riacho Pau D'Arco até as proximidades da estação elevatória final do sistema.

De acordo com o projeto, o sistema será executado em duas etapas, cada uma

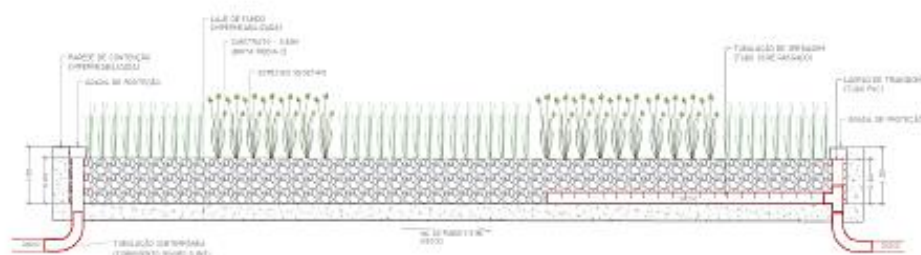
com seus respectivos materiais filtrantes. Na lagoa plantada, a lâmina d'água permanece constante e recebe o líquido pelo topo da estrutura e terá saída através de cascata suspensa que cairá em um poço de visita que seguirá através de rede de esgoto devido a distância entre as estruturas projetadas.

Figura 27: Detalhes da lagoa filtrante proposta



Fonte: Adaptado de SEMINFRA, 2023

Figura 28: Jardim filtrante proposto

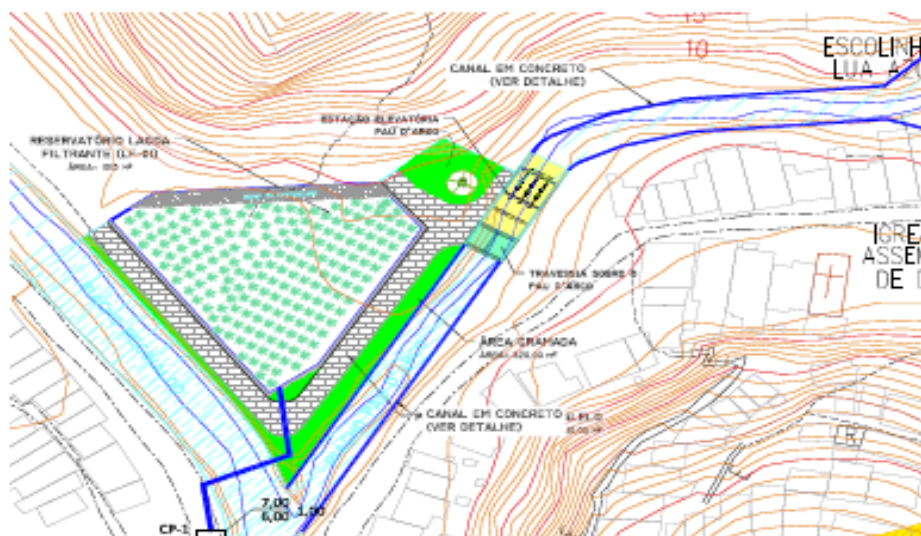


Fonte: Adaptado de SEMINFRA, 2023

A escolha das plantas é de fundamental importância para sua efetividade. Para seleção dessas espécies para o tratamento, é fundamental entender o objetivo do sistema e a sua disponibilidade, devido a necessidade frequente de manutenção por consequência do curto ciclo de vida. Com o Projeto Renasce Salgadinho já em execução, não foram definidas ainda as espécies de plantas, mas entende-se que serão feitos estudos para uma espécie local, até pela sua adaptabilidade.

O sistema funcionará apenas em tempo seco, no qual as águas têm uma maior concentração de esgoto bruto. Em tempos chuvosos a elevatória será desligada automaticamente ao identificar o aumento da vazão máxima atendida, pois, entende-se que com a elevada precipitação ocorra uma diluição da carga orgânica encontrada nas águas. Com a elevatória desligada, o Riacho Pau D'Arco segue seu curso normal pelo Riacho Reginaldo, e com as demais elevatórias também desligadas, todo o fluxo seguirá para a Praia da Avenida. Na figura 29 é observada a localização da implantação da lagoa filtrante.

Figura 29: Reservatório lagoa filtrante projetado no Riacho Pau D'Arco



Fonte: Projeto Renasce Salgadinho, 2023

A obra da lagoa filtrante ainda se encontra em fase de construção, mas promete a melhora das condições do efluente (Figura 30).

Figura 30: Obra da lagoa filtrante no Riacho Pau D'Arco



Fonte: Arquivo SEMINFRA, 2023

4.2.2 Barreira de contenção de detritos

Em meio ao projeto, foi identificada a presença considerável de lixo no Riacho, que ao ser eliminado em vias públicas ou mal armazenado, quando carregado pela

água de chuvas torrenciais ou mesmo quando descartados diretamente, acabam atingindo os rios e córregos que cortam as cidades. Posteriormente, esses resíduos se acumulam às margens ou no fundo dos rios e demais mananciais.

A disposição final inadequada de resíduos sólidos e sua queima a céu aberto são práticas também proibidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (art. 47 da Lei no 12395/2010), onde o lançamento do lixo em praias, no mar ou em corpos hídricos é também claramente proibido no mesmo artigo.

Segundo matéria de Vieira (2023) à prefeitura de Maceió, foram recolhidos em Julho de 2023, após as chuvas, mais de 120 toneladas de lixo na foz do riacho Salgadinho (figura 31). Em Novembro de 2022, foi noticiado pelo portal G1 Alagoas (2022) que foram recolhidos 604 toneladas de lixo no mesmo local (figura 32).

Figura 31: Retirada de lixo na foz do Riacho Salgadinho em Julho de 2023



Fonte: Vieira, 2023

Figura 32: Retirada de lixo na foz do Riacho Salgadinho em Novembro de 2022



Fonte: G1 Alagoas, 2022

Estes resíduos que se acumulam na Foz do Riacho são descartados ao longo do seu curso d'água (Figura 33). Em períodos chuvosos, todo esse lixo acaba sendo levado para o seu curso final, a Praia da Avenida, podendo ainda causar assoreamento, enchentes e inundações.

Figura 33: Acúmulo de lixo observado no Riacho Reginaldo e em sua encosta



Fonte: Autores, 2023

Por fim, no caso do Riacho do Reginaldo, será implantado o sistema de “Debris Flow Busbar” (Barreira de Contenção de Detritos) em cursos d'água (figura 34), que consiste em uma estrutura metálica com uma tela especial de alta resistência capaz de reter resíduos sólidos e permitir a passagem de água.

As barreiras flexíveis são consideradas uma ótima alternativa, econômica e eficiente, pois não só reteriam os lixos flutuantes que foram arrastados pelas águas pluviais, como também resíduos de volumes maiores, como o caso de sofá, geladeira, fogão, entre outros. A instalação dessas barreiras facilitará o tratamento posterior das águas do riacho pelo sistema de jardins filtrantes. Desta forma, o projeto prevê a implantação de 3 na bacia do Reginaldo e 2 na bacia do Pau D'Arco, região de estudo do presente trabalho.

Figura 34: Exemplo de barreira de contenção de detritos no rio



Fonte: NauticExpo, 2023

4.2.3 Vazão prevista para adição na ETE-Emissário Submarino

De acordo com Braz (2007), o Emissário Submarino foi construído pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) na década de 1980, quando as questões ambientais começaram a chamar atenção, onde iniciou-se a implantação do projeto para estruturação da rede coletora de esgoto, que ainda hoje não foi finalizada.

A Estação de Tratamento de Esgoto do Emissário Submarino opera atualmente com vazão de esgoto média de 1.740 L/s (BRK Ambiental, 2023), recebendo o esgoto sanitário de parte da cidade para tratamento e remoção dos resíduos grosseiros e

finos, homogeneização e desarenação. O Renasce tem a intenção de captar e encaminhar a vazão dos Riachos Reginaldo/Salgadinho, Pau D'Arco, Gulandi, Sapo e Águas Férreas pelas estações elevatórias implantadas, e direcioná-los para a ETE-Emissário Submarino. Em período seco, além de toda vazão que era encaminhada para a ETE normalmente, após a implantação do projeto, terá o adicional de vazão de aproximadamente 437 L/s esgoto doméstico bruto, cerca de 25,12% da capacidade máxima da ETE – Emissário.

Esta medição de vazão foi realizada pela altura da lâmina líquida no vertedor existente na foz dos Riachos através de visitas do Projeto Renasce Salgadinho, e calculadas por meio da equação de Francis (Equação 1). Para os locais que não possuíam vertedouro, foi realizada a estimativa da velocidade do corpo hídrico com um flutuador pela equação da continuidade (Equação 2).

$$Q = 1,838 * L * H^{\frac{3}{2}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde, Q é a vazão (m³/s); L é a largura efetiva (m); h é a altura de carga (m).

$$Q = A * V \quad \text{Equação 2}$$

Onde, Q é a vazão (m³/s); A é a área molhada (m²); V é a velocidade medida pelo flutuador (m/s).

Sendo assim, com base nos dados do projeto as vazões medidas para cada trecho do riacho podem ser observadas no quadro 5 a seguir:

Quadro 5: Tipo de esgotamento sanitário em domicílios do Vale do Reginaldo

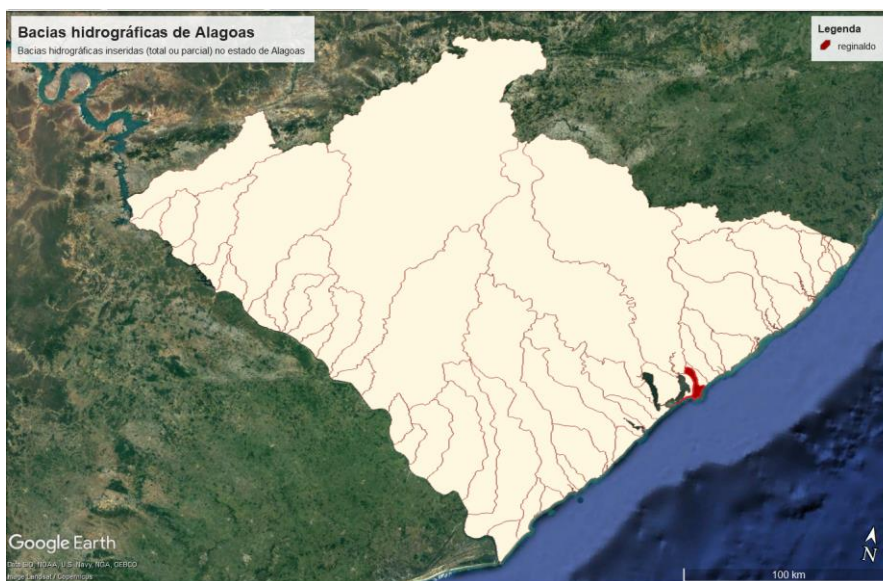
CORPO HÍDRICO	MEDIÇÃO DA VAZÃO EM TEMPO SECO (L/s)
Riacho Pau D'Arco	52,31
Riacho Salgadinho	125,00
Riacho do Sapo	87,18
Riacho das Águas Férreas	90,00
Riacho Gulandi	82,50
TOTAL	436,99

Fonte: Adaptado de SEMINFRA, 2023

4.3 Cálculo do resíduos gerados pela população da bacia do Reginaldo

Através do portal da SEPLAG foram obtidos os arquivos de delimitação das bacias do estado de Alagoas, de modo a facilitar a identificação da bacia do Reginaldo (figura 35), sendo esta representada por todos os seus braços de contribuição e o perfil do Riacho do Reginaldo, de modo que todo o processamento foi feito através do *Google Earth*.

Figura 35: Bacias hidrográficas do estado de Alagoas e em vermelho a bacia do Riacho Reginaldo



Fonte: Autores, 2023

Os dados populacionais da região foram obtidos através do censo demográfico, realizado pelo IBGE em 2010, utilizando como referência a malha de setorização demográfica da região estudada, conforme figura 36.

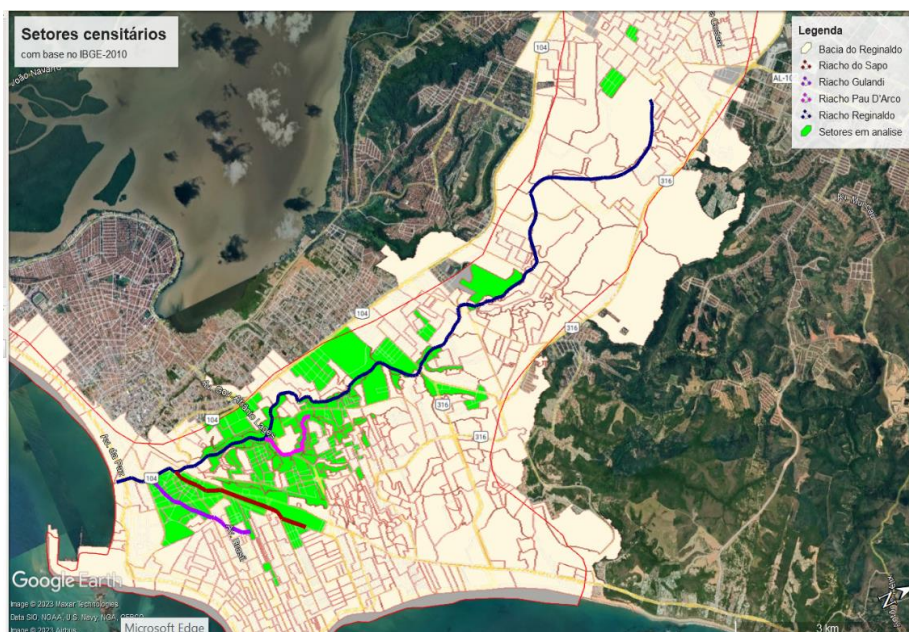
Figura 36: Bacia hidrográfica do Reginaldo, com perfil do Riacho Reginaldo em azul e malha censitária em vermelho



Fonte: Autores, 2023

Foram escolhidos 98 setores dentro da bacia e, pelos seus respectivos números identificadores, foi possível coletar a população existente em cada um deles através do mapa interativo do censo 2010 do IBGE (figura 37). A escolha das regiões para estudo levou em consideração o fato de serem em sua maioria áreas de risco (alagamento, desabamento, deslizamento), localizados na margem ou próximas ao Riacho Reginaldo, representado em azul marinho, Riacho Sapo, representado em vermelho, Riacho Gulandi, representado em roxo e Pau D'Arco, representado em rosa, que são os maiores contribuintes para a poluição dos riachos, já que não possuem rede de esgotamento sanitário.

Figura 37: Setores dentro da bacia escolhidos para cálculo em verde



Fonte: Autores, 2023

De acordo com o SNIS (2021), 86,83% da população maceioense tem acesso aos serviços de abastecimento de água com um consumo médio per capita de água de 91,5 L/hab.dia, ficando abaixo da média do país que é de 143,79 L/hab.dia.

Todavia, o Manual da FUNASA (2004) traz como valores de consumo médio per capita de água os seguintes valores:

- Municípios com população acima de 50.000 habitantes: 200 a 300 L/hab.dia;
- Municípios com população inferior a 50.000 habitantes: 150 a 200 L/hab.dia.

Maceió, segundo o IBGE (2022), tem uma população de 956.916 habitantes, se enquadrando na faixa acima de 50.000 habitantes, com um consumo médio entre 200 a 300 L/hab.d.

Levando em consideração essas informações e a estrutura da área estudada, a fim de estimar os dados de consumo de água para a área em estudo, será utilizado como referência o valor de 200 L/hab.dia para, posteriormente, obter os dados de geração de esgoto com base na equação 1.

Ademais, segundo Rodrigues *et al.*(2013), estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros na rede coletora de

esgotos, ou seja, 80% da água consumida retorna para a rede como efluente doméstico.

Sendo assim, a equação 3 será utilizada para estimativa do consumo médio per capita de água pela população residente na região e, na sequência, o cálculo da estimativa do volume de efluente doméstico gerado será realizado multiplicando o consumo per capita de água diário pelo coeficiente de retorno (80%) através da equação 4:

$$CD = P * q_m \quad \text{Equação 3}$$

Onde, CD- consumo diário (L/d); P- população da área estudada; q_m - consumo de água per capita (L/dia).

$$V_e = CD * 0,8 \quad \text{Equação 4}$$

Onde, CD- consumo diário; V_e - volume gerado de esgoto.

O Renasce Salgadinho no decorrer dos seus cálculos de projeto adotou o valor de 63 L/s de vazão como a capacidade filtrante dos jardins, já que apenas o Riacho Pau D'Arco que tem a maior concentração de poluentes passará pelo tratamento em questão (quadro 6).

Quadro 6: Vazão adotada para jardins filtrantes

corpo hídrico	equação adotada	Medição da vazão de tempo seco (l/s)	acréscimo de 20% de diluição (l/s)	vazão adotada(l/s)
Riacho Pau D'Arco	$Q = 1000 * 1,838 * L * H^{\frac{3}{2}}$	52,31	10,69	63

Fonte: Adaptado de SEMINFRA, 2023

Essa capacidade máxima de vazão de 63 L/s, segundo o projeto, é o resultado do acréscimo de 20% no cálculo para diluição na vazão do riacho do Pau D'Arco que é de 52,31 L/s.

4.4 Autodepuração das águas poluídas da bacia

Com o aumento da chuva, buscou-se encontrar o quanto de diluição através da chuva é necessário para que a água retome sua capacidade de se autodepurar. Para os períodos chuvosos de Maceió, o projeto prevê o uso do modelo *Streeter-Phelps*,

Quadro 7: Dados pluviométricos de 2021

Postos/ Municípios	JAN 2021	FEV 2021	MAR 2021	ABR 2021	MAI 2021	JUN 2021	JUL 2021	AGO 2021	SET 2021	OUT 2021	NOV 2021	DEZ 2021
Maceió - Cruz das Almas (CEMADEN)	53,7	31,7	124,8	388,6	235,7	232,4	168,9	205,3	52,7	-	-	-
Maceió - Farol 1 (CEMADEN)	84,3	38,8	182,0	446,4	265,1	280,6	225,9	300,8	90,9	29,9	9,0	81,4
Maceió - Farol 2(CEMADEN)	-	-	-	423,0	223,5	275,0	216,6	290,7	75,6	21,3	15,6	112,9

Fonte: CEMADEN, 2023

Quadro 8: Dados pluviométricos de 2022

Postos/ Municípios	JAN 2022	FEV 2022	MAR 2022	ABR 2022	MAI 2022	JUN 2022	JUL/ 2022	AGO 2022	SET 2022	OUT 2022	NOV 2022	DEZ 2022
Maceió - Cruz das Almas (CEMADEN)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	170,5	128,7
Maceió - Farol 1 (CEMADEN)	96,2	83,4	297,8	175,7	573,7	442,4	263,3	264,9	47,7	48,1	227,8	141,8
Maceió - Farol 2(CEMADEN)	107,5	90,4	297,5	141,2	551,6	426,1	285,8	295,2	51,8	63,2	197,8	135,6

Fonte: CEMADEN, 2023

Então, foi calculado pelo projeto a porcentagem acrescida de vazão devido a chuva para a água se autodepurar, chegando a um valor de 20% e, no valor de 500 L/s para o dimensionamento das bombas. A partir do momento que a chuva ultrapassa essa vazão, as bombas são desativadas e os riachos seguem seu curso natural, entendendo que, ao chegar na Praia da Avenida não haja impacto da poluição.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização da área de estudo

Após a pesquisa das características da região da bacia do Reginaldo, sua ocupação irregular pelo crescimento populacional na cidade, juntamente com falta de infraestrutura pública para atendê-los, somou-se na contribuição direta de esgoto bruto causando a poluição do riacho principal da bacia e seus afluentes. As características fisiográficas da bacia, tal como o vale bem definido, representam fatores importantes na escolha dessa área para a ocupação irregular, porém sua forma alongada associada a uma declividade expressiva configura uma área de risco para a população.

Fernandes (2006) afirma, que o percurso do rio principal da bacia do riacho Reginaldo tem cerca de 90% do seu trajeto percorrendo vales encravados entre tabuleiros, onde predomina a ocupação por população de baixa renda, que também habita encostas de tabuleiros, sem infraestrutura de saneamento.

A ocupação da calha do riacho traz alguns cenários preocupantes como o aumento dos riscos de inundação, transmissão de doenças e deslizamentos de encostas durante eventos de maior magnitude de precipitação; na região mais alta da bacia, ainda resta parte da vegetação nativa, mas alguns impactos também são observados como, por exemplo, a erosão causada pelo fluxo nos períodos chuvosos e o acúmulo de lixo na calha do Riacho Reginaldo (Holz, 2010).

O Riacho do Reginaldo possui coloração escura e fétida, onde o despejo de esgoto no período seco garante a sua perenidade que, de acordo com as análises realizadas por Silva (2014), é classificado em classe 4 com base na resolução do CONAMA nº 357/05 no período seco e, durante os períodos de eventos chuvosos, onde a água da chuva age como um diluidor produzindo uma aparente melhoria nas águas do riacho, chegaram a ser classificadas como de classe 3.

5.2 Análise do programa Renasce Salgadinho como solução para a região

Divulgado como a maior obra ambiental de Maceió, o programa vem para cumprir a promessa de décadas para a sociedade em relação a requalificação e revitalização ambiental dos riachos do Reginaldo, Pau D'Arco, Sapo, Gulandi e Águas

Férreas (Renasce Salgadinho, 2021). É sabido e comentado que o riacho já foi local de lazer para as crianças da época, no qual um banho não faria mal.

O Riacho Reginaldo tem sua canalização de drenagem para toda a região alcançada, drenando cerca de 26,28 km, porém, com a ocupação maciça e irregular atrelado a falta de política pública para infraestrutura, o mesmo retrata a realidade de uma população com acesso ao saneamento básico escasso, principalmente em relação ao esgotamento sanitário. Com a falta de esgotamento sanitário e de uma política educacional eficiente, os dados coletados ao longo deste estudo retratam a realidade local a respeito de algumas ações voltadas a alguns eixos do saneamento básico, de modo que as famílias da região acabam utilizando o riacho para ligação das suas redes de esgoto internas e também o descarte dos lixos.

Sabe-se ainda que o programa tem sua extensão não apenas na parte ambiental, no “tratamento” da água poluída dos riachos em si, mas atinge também esferas sociais, econômicas e de reurbanização. Já em relação a qualidade da água, em seu projeto consta a intervenção e incentivo a coleta de lixo, assim como a retirada por uma malha de aço dos resíduos no efluente antes do seu tratamento pelo sistema de jardins filtrantes.

Na expectativa criada pela população a respeito do projeto, houve-se o entendimento de que haveria um tratamento total das águas de todos os contribuintes que desaguam no Salgadinho, para que chegassem até a Praia da Avenida em condições ideais de lançamento com base nos padrões de lançamento preconizados na resolução CONAMA nº 430/11 para cada um dos parâmetros físico-químicos.

Porém, ao longo deste estudo, em uma das reuniões com funcionários do Consórcio DCH que fazem parte do Projeto Renasce Salgadinho, foi esclarecido que, apenas o Riacho Pau D’Arco passaria pelo tratamento através jardins filtrantes, visto que possuía a pior qualidade da água dentre os demais riachos. Desta forma, o projeto piloto do programa prevê a implantação do jardim filtrante paralelo ao riacho Salgadinho já nas proximidades da Praia da Avenida, antes do encontro com o mar, conduzindo todo o efluente recebido dos seus afluentes.

Diante disso, destaca-se que o projeto traz duas frustrações, o da não concepção de tratamento e melhora de todas as águas dos riachos que chegariam à praia, já que apenas um riacho será tratado, e a devolutiva à praia após o tratamento, uma vez que todos os riachos, inclusive o Pau D’Arco pós tratamento, serão direcionados ao Emissário Submarino juntamente com todo esgoto coletado pelo

mesmo. Desta forma, observa-se que a ideia do tratamento das contribuições oriundas da região do Pau D'Arco é voltada apenas à diminuição da sua carga orgânica; porém, ao ser encaminhado ao emissário se juntará com os outros riachos que irão em sua forma bruta, sendo que o ideal seria que os outros riachos também recebessem tratamento para que houvesse uma redução na carga orgânica total em relação ao volume que o emissário receberia e, assim promovesse uma significativa diminuição da carga poluente a ser lançada no oceano.

Entretanto, as cidades de Niterói (RJ) e Sobral (CE), duas cidades que fizeram também a implantação do sistema de jardins filtrantes para tratamento, tiveram uma diretriz diferente.

Em Niterói, a Lagoa de Piratininga recebe o lançamento de três bacias hidrográficas: Bacia do Rio Cafubá, do Rio Arrozal e do Rio Jacaré, apresentando também alto grau de degradação da qualidade de suas águas e da qualidade ambiental das suas margens (Rezende, 2022). O projeto dos jardins filtrantes nesta região conta com uma área de 35.290 m² e a água oriunda da lagoa, que tinha qualidade de nível quatro antes da instalação do sistema, deve chegar a nível dois, permitindo assim a navegação e pesca diante da melhoria dos parâmetros de qualidade da água e reclassificação destas segundo as resoluções CONAMA (Anderson, 2021). Ainda segundo Anderson (2021), no projeto, ao invés de canalizar o rio, busca-se a sua renaturalização, diferente do que propõe o Renasce Salgadinho.

Já na cidade de Sobral, os jardins estão localizados nos parques da Cidade e Pajeú para o tratamento de águas servidas, visando alcançar a despoluição completa dos rios, riachos e lagoas de Sobral. “Ao final da construção dos 14 tanques, com vegetação em crescimento, é possível observar a saída de uma água limpa e sem mau cheiro (Figura 39), que é devolvida para o leito do riacho” (Prefeitura de Sobral, 2021).

Figura 39: Situação da água dos parques antes e após tratamento com jardins filtrantes em Sobral-

CE



Fonte: Prefeitura de Sobral, 2021

5.3 Cálculo do resíduos gerados pela população da bacia do Reginaldo

A escolha das regiões para estudo levou em consideração a sua localização quanto ao riacho, se localizados às margens ou próximas ao Riacho Reginaldo, sendo estas as que contribuem diretamente para sua poluição. Para esta análise, foi necessário realizar o levantamento dos dados populacionais a partir dos últimos levantamentos censitários realizados pelo IBGE (2010) e que estão dispostos no Quadro 9.

Quadro 9: Dados populacionais por setor censitário

SETOR CENSITÁRIO	NÚMERO DE HABITANTES	SETOR CENSITÁRIO	NÚMERO DE HABITANTES
270430205100180	281	270430205100109	675
270430205100054	561	270430205060042	1054
270430205100181	332	270430205100069	1249
270430205100050	471	270430205100123	1383
270430205100160	429	270430205100097	1012
270430205100055	650	270430205100066	1213
270430205100159	525	270430205060102	1335
270430205100100	1282	270430205060103	983
270430205100161	253	270430205100098	1365
270430205100162	384	270430205100124	804
270430205100060	576	270430205080016	629
270430205100122	927	270430205100009	810
270430205080020	30	270430205080002	1305
270430205100119	50	270430205120155	1331
270430205100118	24	270430205120152	1041
270430205100179	600	270430205100096	667
270430205100130	100	270430205100172	1187
270430205100128	145	270430205100095	636
270430205100127	769	270430205100064	1060
270430205100136	657	270430205100061	690
270430205100137	402	270430205080080	660
270430205100154	311	270430205060042	1058
270430205080082	239	270430205060039	1015
270430205080010	394	270430205060043	1188
270430205100150	602	270430205100102	1085
270430205100008	57	270430205100103	1262
270430205100149	123	270430205100104	1217
270430205100134	1302	270430205100105	420
270430205100114	756	270430205100106	1048
270430205100112	1002	270430205100108	849
270430205100178	856	270430205080023	878

270430205100111	1264	270430205060043	1188
270430205080022	665	270430205060044	971
270430205080085	654	270430205060045	1213
270430205060040	859	270430205060046	1160
270430205100126	950	270430205060047	449
270430205100131	534	270430205100109	675
270430205100129	1074	270430205100110	920
270430205100006	1273	270430205100176	411
270430205100115	693	270430205100112	1002
270430205060062	1011	270430205100056	1336
270430205100095	1555	270430205100178	856
270430205100172	1137	270430205100163	711
270430205100174	986	270430205100062	1000
270430205100107	802	270430205100059	526
270430205080014	456	270430205100052	1350
270430205080012	1121	270430205060063	1234
270430205060050	1072	270430205100125	957
270430205100121	886	270430202100124	807

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Em relação aos setores censitários selecionados, obteve-se a quantidade de 79.957 habitantes, e a partir daí, foi possível calcular através da equação 3 e do consumo per capita de 200 L/hab.dia (conforme item 4.3) o consumo diário de água por habitante.

O resultado obtido em relação ao consumo diário de água dessa região, após aplicação dos parâmetros à equação 3, foi de 15.991.400 L/dia. Ademais, este resultado foi aplicado à equação 4 para, finalmente, proceder com o cálculo do volume de esgoto gerado por esta população.

Como resultado da aplicação da equação 4, obteve-se o valor de 12.793.120 L/ dia. Ajustando este valor para L/s, tem-se uma geração de esgoto de 148,06 L/s.

Levando em consideração que apenas 25% da bacia dispõe de rede coletora (Pimentel, 2009) e que o restante da população utiliza soluções individuais tais como fossa rudimentar, vala, fossa séptica, rede pluvial ou despejos diretamente no riacho, toda essa carga poluidora de mais da metade da população da bacia do Reginaldo, contribui direta ou indiretamente, através de seus afluentes, para a poluição do Riacho Reginaldo.

O projeto do jardim filtrante do Renasce Salgadinho apenas está sendo realizado para atender a capacidade máxima de 63 L/s, ou seja, apenas as águas do

Riacho Pau D'arco, logo, ao realizar essa análise apenas com uma pequena amostra populacional, já que segundo Neves *et al.* (2007) a bacia detém cerca de 30% da população de Maceió, é possível perceber que seria necessário uma maior quantidade de jardins para atender a real demanda da carga poluidora da bacia do Reginaldo, já que apenas com uma parcela da população analisada o jardim em construção já demonstra que não aguentará.

Portanto, entende-se que ao quantificar uma pequena parcela da população da bacia do Reginaldo, totalizando 148,06 L/s de efluente gerado pela mesma, e que a vazão máxima a ser tratada pelo sistema de jardins filtrantes é de 63 L/s, tem-se uma parcela residual de 85,06 L/s de efluente doméstico que não teria tratamento devido, sendo enviada de forma bruta a ETE- Emissário Submarino. É importante destacar, que a população que não tem acesso ao esgotamento sanitário na bacia do Reginaldo é superior a parcela apresentada nesse estudo, sendo assim, teríamos para a população total uma vazão bem maior em forma de esgoto bruto.

Com isso, fica evidente que a capacidade do jardim é inferior a capacidade de geração de efluente do local em estudo, se fosse levar em consideração a área total da bacia hidrográfica (sem esgotamento sanitário), seria necessário uma extensão ainda maior de jardins filtrantes para atendê-la.

5.4 Autodepuração da água

Para a quadra chuvosa de Maceió, entre os períodos de março a junho, é observado um alto índice de precipitação, podendo prolongar-se para os meses de julho e agosto, como observado no quadro 7 e 8. A média de precipitação para 2021 (CEMADEN) variou entre 153,4 mm em março e 419,3 mm em abril, já em 2022 os meses de maio e junho tiveram uma incidência maior que os demais.

Para esses meses chuvosos, o projeto aplicou, por meio do cálculo matemático de Streeter-Phelps, a porcentagem de chuva que permitiria a autodepuração das águas dos riachos.

Em reunião com o Consórcio DCH, foi explicado que o tratamento por jardins filtrantes não ocorreria para as águas do Riacho Pau D'Arco na ocorrência de chuva de mais de 20% de diluição, pois todas as bombas das elevatórias seriam desativadas automaticamente. Então, todo o caminho que os riachos fariam até a chegada ao Emissário Submarino já não ocorreria. O Riacho Pau D'Arco seguirá seu caminho

normalmente para o Reginaldo, assim como os demais afluentes, e todos serão direcionados à praia como em seu fluxo natural atual, uma vez que, o projeto considera o efeito da autodepuração natural do efluente no oceano, onde após a porcentagem calculada, a água sofrerá um efeito de autodepuração através de uma decomposição natural da matéria orgânica por meio da Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO) e da recuperação do oxigênio dissolvido ou reaeração.

Entretanto, observa-se que, devido à contribuição frequente de esgoto ao longo do comprimento de cada riacho, seria mais complicado o processo de autodepuração, e que o encontro dos afluentes com o riacho principal se localizam já muito próximo do mar (figura 40). Assim também, com o desligamento das bombas das elevatórias e o fluxo dos efluentes seguindo para a Praia da Avenida, o sistema funcionaria como ocorre até então, e mesmo para as épocas da quadra chuvosa, é observada a quantidade de despejo de esgoto na praia e a formação do fenômeno de líguas sujas.

Figura 40: Riacho Reginaldo e seus afluentes



Fonte: Autores, 2023

Sabe-se que o despejo desse efluente em praias e oceanos, traz diversos prejuízos tanto ao meio ambiente, como aos banhistas. Em primeiro lugar, compromete a biodiversidade marinha, pois a decomposição dos compostos orgânicos de esgoto suspensos na água gera nutrientes que promovem a proliferação de algas superficiais, diminuindo a incidência de luz do sol reduzindo assim o nível de

oxigênio do ambiente aquático. Em segundo lugar o consumo e o contato com água contaminada pode trazer riscos à saúde dos banhistas. Ademais, os dejetos lançados no mar, apesar de diluídos provocam reações químicas e biológicas que potencializam problemas de odores muito fortes e desagradáveis. Por fim, mas não menos importante, prejudica o turismo, impactando as atividades econômicas do estado.

Diante do exposto, é importante salientar a importância de cessar o despejo de efluentes para o Riacho Reginaldo e seus afluentes e, quando não possível, reduzi-las considerando ainda a implantação de estações de tratamento para o tratamento preliminar destes antes de serem direcionados para o emissário submarino.

Nesse aspecto, o problema consiste no custo de implantação e manutenção de sistemas coletivos ou centralizados de tratamento de esgoto devido às grandes distâncias, cenário ainda muito longe de ser visto para a região de Maceió, pois nem mesmo as áreas de ocupação regular dispõem desse serviço em sua totalidade.

5.5 Formas alternativas de tratamentos unitário de esgoto sanitário

Devido a dificuldade da instalação de uma rede coletora de esgoto nas regiões periféricas, onde residem população de baixa renda, busca-se tecnologias alternativas de baixo custo e de alta eficiência para o tratamento dos efluentes, fazendo com que essas águas residuais sejam tratadas antes de chegarem ao leito do rio.

5.5.1 Tratamento de zona de raízes implantada

De acordo com Lemes *et al.* (2008), esse sistema tem base em solos filtrantes e é uma tecnologia auto-sustentável, podendo ser utilizado de forma a atender pequenas comunidades, escolas e residências unifamiliares, uma vez que, ocupa um pequeno espaço na área externa da residência e ainda pode ser integrado de forma não agressiva ao ambiente.

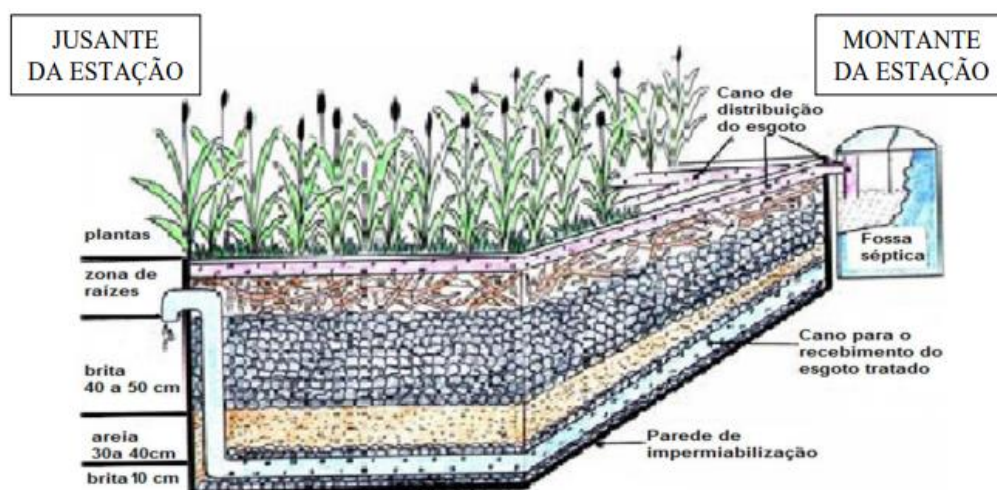
Este sistema é composto por dois tratamentos de efluentes, o primário realizado pela fossa séptica (figura 41), onde há a remoção dos sólidos sedimentáveis, e o secundário, pela ETE por zona de raízes (figura 42), que são interligados por canalizações responsáveis por conduzir o efluente.

Figura 41: Fossa séptica de tambores em série



Fonte: PY Daniel *et al.*, 2011

Figura 42: Esquema de tratamento de esgoto por zonas de raízes



Fonte: PY Daniel *et al.*, 2011

De acordo com a Master Ambiental (2014), na fossa séptica fica armazenado o material grosseiro que, depois de sedimentar, forma o lodo de fundo que será degradado pelas bactérias, retirando assim as propriedades do esgoto. “Dali, os efluentes estão livres dos sólidos grosseiros e são encaminhados ao tratamento secundário, da zona de raízes”.

Instalada sobre a rede de distribuição do efluente bruto, a zona de raízes é composta por plantas cultivadas sobre um filtro de areia seguido por um de brita. Devido a fácil adaptação, a espécie mais utilizada é a *Zantedeschia aethiopica*, conhecida como copo-de-leite, isso porque a maioria das espécies dessa família é de ecossistemas úmidos (Master Ambiental, 2014).

Segundo Brix (1994), esses sistemas podem ser implementados no mesmo

local onde o efluente é produzido, podendo ser operados por mão de obra não especializada, apresentarem baixo custo energético e serem menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação de esgoto. Lemes (2008) complementa que o efluente resultante deste tratamento pode ser devolvido, apresentando uma redução significativa de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis, evitando assim, a contaminação do corpo d'água ao qual o efluente será lançado.

Após serem instaladas são necessários alguns cuidados para garantir a vida útil e eficiência no tratamento. De acordo com a Iniciativa Verde (2019), em relação a limpeza, deve-se evitar produtos que tenham cloro, pois eles podem matar as bactérias que tratam o esgoto, também é importante não jogar papel higiênico ou qualquer resíduo sólido no vaso sanitário, para evitar entupimento das tubulações do sistema (Pagliarini Júnior *et al.*, 2011).

Complementa Pagliarini Júnior (2011), para o caso do lançamento de gordura, é necessário que haja a limpeza da caixa retentora de gordura todas as vezes que estiverem cheias. Este procedimento é de grande importância pois a gordura atrapalha o tratamento, pois em contato com outros materiais torna-se pedra podendo obstruir as tubulações. O sistema tem vida útil de 10 a 15 anos dependendo dos cuidados dos proprietários e da sua manutenção.

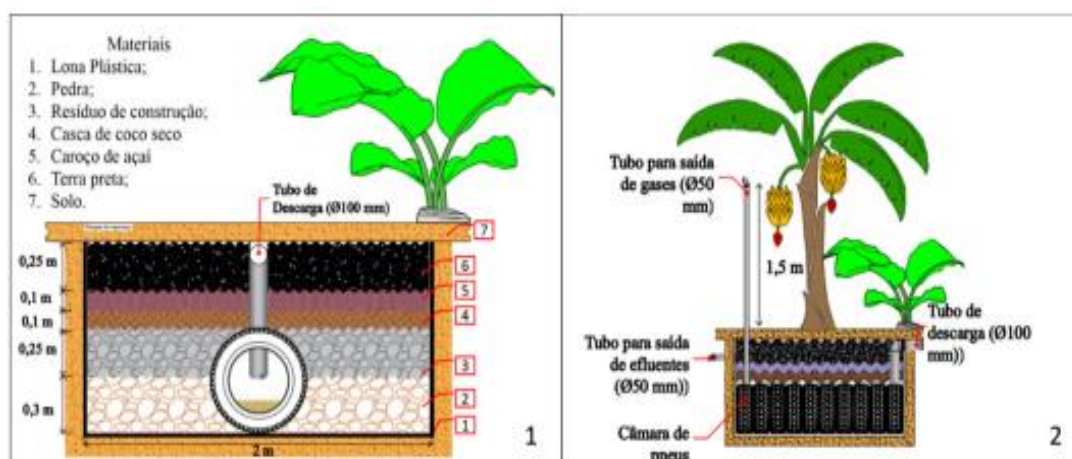
O tratamento individual de esgoto doméstico através de zona de raízes implantadas seria uma alternativa válida para as áreas da bacia do Reginaldo que não possuem rede coletora de esgoto à disposição, pois já se mostrou eficiente em outras implantações, e reduziria significativamente a carga orgânica do efluente a ser lançado no Riacho Reginaldo. O sistema é ecológico e de fácil execução, e seria facilmente adaptado à vida dos moradores através de uma educação ambiental e um baixo incentivo financeiro para sua implantação.

5.5.2 Fossa verde

A Fossa Verde (FV) é uma tecnologia social de tratamento de efluente domiciliar, auxiliando a produção vegetal sem gerar efluentes considerando o reúso da água em quintais produtivos. O princípio da fossa verde é também prevenir a contaminação do solo e do lençol freático, evitando a prática de ter esgoto domiciliar ao céu aberto, e reduzindo a carga orgânica a ser despejada na etapa posterior ao tratamento (Silva, 2014).

O seu módulo, também chamado de canteiro biosséptico, é uma caixa impermeabilizada apresentando uma estrutura interna em forma de câmara, onde ocorre a deposição do lodo (figura 43). A câmara é construída com tijolos furados, por onde o esgoto é direcionado e, em seguida, passa a escoar para a parte externa dessa estrutura. A parte externa é constituída por camadas de materiais porosos como brita, casca de coco e material terroso, e servem de suporte para as plantas, onde são cultivadas, fundamentadas no processo de biorremediação vegetal.

Figura 43: Modelo de construção da fossa verde



Fonte: Cunha da Silva, 2021

De acordo com Coelho (2018), o processo anaeróbico que ocorre na câmara, decompõe a matéria orgânica proveniente do dejetos domiciliares em conjunto com a ação de micro-organismos aeróbicos na zona das raízes das plantas, ao passo que a água é evapotranspirada.

A tecnologia possibilita o plantio de espécies frutíferas, como bananeiras, mamoeiro, pimentão, entre outros. As análises das frutas oriundas das fossas estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação (Cunha da Silva, 2021). Além disso, a fossa verde promete uma nova perspectiva para as famílias beneficiadas, pois é limpa e de baixo custo, é de fácil operação e manutenção e proporciona qualidade de vida, saúde e educação ambiental.

De acordo com a Fiocruz (2013), deve-se tomar cuidados na limpeza, retirada de ervas daninhas, adubação, bem como em caso de manuseio das camadas da fossa verde, do lodo e por ser esgoto doméstico, deve-se usar luvas, já que essas manutenções são feitas pela própria família.

Em relação ao tempo para manutenção do sistema, segundo Coelho (2018),

para um módulo em tamanho padrão (2 x 1,5 x 1 m), população de 4 pessoas e uma duração do sistema de 44 meses, temos uma média de 5,2 anos para sua manutenção, permitindo a eficiência necessária à vazão de esgoto gerada. Além disso, o lodo produzido estará em condições estáveis e poderá ser aplicado na cultura como fertilizante após o processo de desidratação, que pode ser retirado a cada ano pela própria família, eliminando assim o custo do serviço de “limpa fossa”.

A fossa verde constitui uma opção viável as áreas da bacia do Reginaldo, ela proporciona a redução da carga orgânica que é despejada no Riacho do Reginaldo e protegendo assim o solo da contaminação por esses efluentes, levando em consideração que o lançamento de esgoto a céu aberto é prática constante nesta região. Tem baixo custo devido a sua periodicidade e fácil manutenção para as famílias de baixa renda, ainda proporcionam o reuso da água no cultivo irrigado de plantas frutíferas que serviram para o consumo.

É importante que haja políticas públicas para que a educação ambiental esteja aliada aos serviços de saneamento, a fim dos moradores entenderem a importância desse tratamento para a melhoria da qualidade de vida da comunidade em que estão inseridas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho trouxe um panorama do processo de urbanização acelerado e descontrolado da cidade de Maceió, que ocorreu sem nenhum planejamento urbano, pois naquele período não existiam leis que organizassem o uso e ocupação do solo. Essa ocupação desordenada ocorreu devido ao grande fluxo migratório de famílias em busca de melhores condições de vida, ao passo em que essa população oriunda da zona rural foi se instalando em áreas periféricas, as chamadas zonas de risco, sem a mínima infraestrutura para moradia digna.

A bacia do Reginaldo está totalmente inserida no perímetro urbano da cidade de Maceió, no qual cerca de $\frac{1}{4}$ da população de Maceió reside nela, por isso tem grande importância socioambiental e é responsável dos vários problemas ambientais e de infraestrutura presentes na cidade. Essa região é cortada em toda sua extensão pelo Riacho do Reginaldo ou Salgadinho, como é popularmente conhecido, e apresenta um complexo cenário degradante no que diz respeito às suas águas, que são afetadas diariamente pela carência dos serviços de saneamento.

Este trabalho teve como propósito abordar o Programa Renasce Salgadinho, um projeto da Prefeitura de Maceió, que vem com a promessa de despoluir as águas do Riacho Salgadinho e mudar a realidade de Maceió, de modo que vem sendo instalado na região do Vale do Reginaldo e Pau D'Arco, regiões estas que são as mais afetadas pelo despejo de efluentes, seja de forma direta ou indireta através de seus afluentes.

Inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica a respeito do projeto, bem como foram obtidas informações através de palestras e conversas com representantes do programa pelo Consórcio DCH. A partir daí, através de informações do IBGE, foi possível apurar uma amostra da população da bacia e realizar um comparativo da capacidade máxima de esgoto que o projeto prevê para os jardins filtrantes com a real carga poluidora advinda da população residente nas proximidades dos riachos, que não possui rede de esgotamento sanitária.

Desta maneira, foi possível observar que o sistema de jardins filtrantes receberá e tratará apenas as águas do Riacho Pau D'Arco, trecho este que possui o maior índice de poluição entre os demais, e que depois seguirá para a Estação de Tratamento de Esgoto do Emissário Submarino de Maceió, bem como os Riacho Gulandi, Riacho Águas férreas, Riacho do Sapo e Riacho Reginaldo, seguirão em sua

forma bruta para o mesmo local, desaguardo assim no oceano.

Também, para o método de autodepuração da água em períodos chuvosos, foi observado que com a contribuição frequente de esgoto ao longo do riacho e seus afluentes e a sua proximidade do lançamento à praia não seria possível a eficiência do método, pois é observado atualmente, com o mesmo fluxo que seria seguido, o despejo de esgoto ao mar e a formação das línguas sujas na Praia da Avenida.

Negligenciar essa situação pode ter consequências ao longo do tempo, de maneira até irreparável, visto que o esgoto continua desaguardo no oceano, sendo que há tratamentos de esgotos, como o próprio jardim filtrante (empregado em parte do projeto) e as técnicas sugeridas por este trabalho (tratamento através de raízes de plantas e a fossa verde), que poderiam ser utilizado em maior escala para atender a real demanda, pois se mostram eficientes em outras situações de uso.

Conclui-se assim que, o projeto em questão não vai atender a perspectiva da população maceioense que acreditava no tratamento total das águas de todos os riachos que se encontram no Salgadinho, desaguardo na Praia da Avenida, em condições ideais com base na resolução do CONAMA nº 430/11, Art. 3º, como aconteceu nas cidades de Niterói – RJ e Sobral – CE, onde houve a renaturalização das suas águas.

O projeto necessitaria de um investimento muito maior para atender a real demanda da bacia do Reginaldo, e teriam que ser criados muito mais jardins e lagoas filtrantes para que se tornasse uma alternativa ecologicamente eficiente para a despoluição total do Riacho, visto que é uma solução possível levando em consideração os projetos já conhecidos.

Todavia, o Projeto do Renasce traz benefícios pontuais para Maceió, como podemos citar as trocas de tubulações de drenagem e galerias, onde são identificadas ligações clandestinas de esgotamento, e as atividades socioeducativas, porém é sabido que é uma solução “pequena” em relação ao problema gigantesco de falta de saneamento em Maceió.

Por fim, ressalta-se ainda que o ideal seria que essas áreas fossem atendidas pela rede coletora de esgoto operada pela concessionária de saneamento básico da região, mas que, devido à dificuldade da concessionária em atender a região, seria interessante a adoção de alternativas como, por exemplo, as soluções individuais ou *in loco* sugeridas, para que haja uma diminuição na contribuição dos efluentes que serão lançados diariamente no riacho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, Roberto. **Lagoa de Piratininga: dos lotes subaquáticos aos jardins filtrantes**. Diário do Rio. 2021. Disponível em: <<https://diariodorio.com/lagoa-de-piratininga-dos-lotes-subaquaticos-aos-jardins-filtrantes/>>. Acesso em 23 set. 2023.

Arq. Futuro. **Como surgiram as favelas no Brasil**. Casa Vogue, 2018. Disponível em: <<https://arqfuturo.com.br/post/como-surgiram-as-favelas-no-brasil#:~:text=Durante%20o%20s%C3%A9culo%20XX%2C%20a,as%20cidades%20em%20busca%20de>>. Acesso em: 23 abr. 2023.

BARROS, Carlina Rocha. **A atuação do poder público em espaços livres ambientais ocupados informalmente: o caso do vale e riacho Reginaldo em Maceió-AL**. A Língua que habitamos. Capítulo IV. Criar com a Natureza, Viver com a Natureza, p. 41. 2017.

BATTAUS, D. M. A.; OLIVEIRA, E. A B. **O direito à cidade: urbanização excludente e a política urbana brasileira**. São Paulo, p. 81-106, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/i/ln/a/N797qBC5Rcb9PLxKfZZWMMx/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

BAUCELLS, Inês Serra. **Conceituação e prática em urbanização de favelas**. Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ) Escola Politécnica, Curso de engenharia Civil, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014543.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

Blog Limpa Fossa. **Fossa séptica biodigestora: o que é, para que serve e quanto custa**. Disponível em: <<https://www.limpafossa.com.br/fossa-septica-biodigestora-o-que-e-para-que-serve-e-quanto-custa/#:~:text=O%20sistema%20funciona%20no%20vaso,per%C3%ADodo%20e%20passa%20pela%20biodigest%C3%A3o>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

BONACI, Elvis Marcelo. **O DESENVOLVIMENTO DAS FAVELAS NOS GRANDES CENTROS URBANOS**. Editora Smolarek Arquitetura Ltda, v. 85, p. 176, Cascavel - PR, 2007. Disponível em: <<https://www2.fag.edu.br/professores/solange/PUBLICACOES/PLANEJAMENTO%20URBANO%20E%20REGIONAL%20CAUFAG%202007.1.pdf#page=89>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2011.

BRAZ, M. C. de A.; Nascimento, F. A. T.; Santos, E.L.L. dos S.; Barbosa, A. L. V. P.; Gonzaga, G. B. M.; Brião, F. dos S. **ESTUDO DE CASO SOBRE A ESTRUTURA DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA GROTA DO RAFAEL**. Maceió. 2017. P 113-128.

BLOG BRK AMBIENTAL. **BRK Ambiental: ‘Esgoto no mar: 4 impactos da falta de saneamento para os oceanos’**. Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/esgoto-no-mar/>>. Acesso em: 23 de ago. 2023.

BRIX, H. **Function of macrophytes in constructed wetlands**. Water Science and Technology, London, v. 29, n. 4, p. 71-78, 1994.

BRUM, Marília de Marco. WARTCHOW, Dieter. **Rede de Saneamento e Abastecimento de**

água. Congresso Internacional Resag. 2017. Belo Horizonte. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/175195/001065949.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

BURKT, Luciana Greff; FUJIMOTO, NSVM. **A Cidade real supera a cidade legal? Um estudo sobre a bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre/RS.** 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009. Disponível em: <<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/83.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

CALIXTO, Fernanda Karoline Oliveira. **O Tratamento Jurídico dos Desastres Urbano-ambientais na Perspectiva da Sociedade de Risco: o caso do Vale do Reginaldo em Maceió/AL.** Editora Dialética, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=54oIEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=macei%C3%B3+al+vale+do+reginaldo&ots=543d319Kza&sig=KsD3ybctc495cgPIh70-WSkoxbq#v=onepage&q=macei%C3%B3%20al%20vale%20do%20reginaldo&f=false>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

CANALI, V. A.; REGINATO, N. da C.; RIBEIRO, L. A.; NECKEL, A. **SISTEMAS ALTERNATIVOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM CIDADES DE PEQUENO PORTE.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.1255. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1255>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

CARNEIRO, Ana Karolina; DA SILVA, Maria Angélica. **DESCONHECENDO FRONTEIRAS, CONSTRUINDO TERRITÓRIOS FLUIDOS: ECOS DO VALE DO REGINALDO NA CIDADE DE MACEIÓ.** In: VI Encontro da Associação de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. 2020. Disponível em: <<http://enanparq2020.s3.amazonaws.com/MT/22340.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2022.

CASAL. **Esgoto Sanitário.** Maceió. Disponível em: <<https://www.casal.al.gov.br/capital-2/#:~:text=Esgoto%20Sanit%C3%A1rio&text=O%20sistema%20coletor%20de%20esgotos,4%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o%20da%20cidade>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

CEMADEN. 2023. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 23 ago. 2023.

COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. DE. **Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 4, p. 801–810, jul. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/VZ4w7kC3GQjf3ZNwTrQc9Sy/#>>. Acesso em: 24 set. 2023.

COELHO, Christine Farias; REINHARDT, Hendrik; ARAÚJO, José Carlos de. **Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil.** Engenharia sanitária e ambiental, v. 23, p. 801-810, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/VZ4w7kC3GQjf3ZNwTrQc9Sy/>>. Acesso em: 05 nov. 2023

COELHO, Fernando Pinto. **CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE GESTÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA A BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS. ESTUDO DE CASO: BACIA DO RIO REGINALDO, MACEIÓ - AL.** Maceió/AL, 2008. Disponível em: <https://ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs/sites/default/files/dissert_fernando_pinto_opt.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CONASA. Disponível em: <<https://www.conasa.com/unidades/unidade/sanema>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CUNHA DA SILVA, S.; SARPEDONTI, V. . Sistema de saneamento doméstico: eficácia do uso de fossa verde para o tratamento unifamiliar de esgoto. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 100-113, 2021. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2021.v24i3.1219. Disponível em: <<https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/1219>>. Acesso em: 24 set. 2023.

DADOS AL. **Grotas - Mapa Rápido Participativo**. 2023. Disponível em: <<https://dados.al.gov.br/catalogo/es/dataset/mapas-auxiliares-dos-mapas-rapidos-participativos-mrp-das-grotas-de-maceio>>. Acesso em: 07 out. 2023.

DALL'ACQUA, Fernando Maida. **Contribuição ao estudo do êxodo rural no estado de São Paulo**. 1975. Tese de Doutorado. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10741/1197600560.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 abr 2022.

DENALDI, R. et al. **Urbanização de favelas na Região do ABC no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento-Urbanização de Assentamentos Precários**. Caderno Metropolitano, São Paulo, v. 18, n. 35, pp. 101-118, abr. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cm/a/vh9kcYbMcVcbXmhn4bZ79fk/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 27 fev. 2022.

DINIZ FILHO, Ranieri Fernandes. **Análise do uso de Jardim Filtrante para tratamento de águas cinzas**. 2018. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <<https://attena.ufpe.br/handle/123456789/46872>>. Acesso em: 08 jun. 2023.

FARRUGIA, B. **Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes**. 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/5801-noticias>> . Acesso em: 10 mai. 2023.

FERNANDES, Nadja Barros. **PLANEJAMENTO TERRITORIAL E ÁGUAS URBANAS EM MACEIÓ: O Plano Diretor e a Bacia Hidrográfica Urbana do Riacho Reginaldo**. Tese (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2010. Gabarito das bacias. Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/en_AU/dataset/regioes-hidrograficas-e-bacias-hidrograficas-do-estado-de-alagoas/resource/bb51ea0a-3ff1-4044-bd08-d00356cc1133?inner_span=True>. Acesso em: 14 ago. 2023.

Fundação auguto cruz – FIOCRUZ. **Tratamento de esgoto doméstico com uso de fossa verde**. 2013. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/60555/ts_em_saude_ambiental_-_folder_montado_fossa_verde.pdf?sequence=2&isAllowed=y> . Acesso em: 08 nov. 2023.

GAMA, José Aparecido da Silva. **Índice de salubridade ambiental em Maceió aplicado à bacia hidrográfica do riacho Reginaldo em Maceió/AL**. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5183>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

GEHLING, Roberto Gino. Benetti. Antonio D. **Aceitabilidade de Sistema combinado de esgotos em Planos diretores de esgotamento sanitário**. XVI Simpósio Brasileiro de

Recursos Hídricos. João Pessoa, 2005. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/164/c977eead1935ffc2b4abd9c92464e538_54d580069ee3d300cf0d3cee991f7e1f.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2023.

G1 Alagoas. **Mais de 600 toneladas de lixo são recolhidas na Praia da Avenida, Maceió, após chuvas.** Portal G1 Alagoas. Novembro, 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2022/11/09/mais-de-600-toneladas-de-lixo-sao-recolhidas-na-foz-do-riacho-salgadinho-e-na-praia-da-avenida-maceio-apos-chuvas.ghtml>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

HENRIQUE, Ana Paula *et al.* Desenvolvimento e construção de protótipo para estudo de jardim filtrante como alternativa para destinação adequada de resíduos de esgoto—a chamada “água cinza”. **Revista Engenho**, v. 12, n. 1, p. 46-61, 2020. Disponível em: <<https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaEngenho/article/view/1696>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

HOLZ, Josiane. **Levantamento e mapeamento do índice de risco de alagamento da Bacia do Riacho Reginaldo.** 2019. 161 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5256>>. Acesso em: 08 jul. 2023.

Iniciativa verde. **Manual de instalação de fossa de bombonas.** 2019. Disponível em: <<https://iniciativaverde.org.br/noticias/manual-de-instalacao-da-fossa-de-bombonas#:~:text=A%20Fossa%20S%C3%A9ptica%20Econ%C3%B4mica%20%C3%A9,%20m%C3%A1ximo%20de%20sete%20bombonas.>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/>>. Acesso em 15 fev. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/>>. Acesso em 15 fev. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Disponível em: <<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/al/maceio>>. Acesso em 05 nov. 2023.

Instituto água e saneamento - dados Maceió-AL. Disponível em:<<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/al/maceio>>. Acesso em: 15 de ago. 2023.

JAPIASSÚ, Luana Andressa Teixeira. **Expansão urbana de Maceió, Alagoas: caracterização do processo de crescimento territorial urbano em face do plano de desenvolvimento - de 1980 a 2000.** Maceió, 2015. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1313>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

LEMES, João Luiz Villas Boas *et al.* Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 6, n. 2, p. 169-179, 2008. Disponível em: <<http://permacultura.ufca.edu.br/wp-content/uploads/sites/43/2017/06/filtro-biologico.pdf>>. Acesso em 24 set. 2023.

LIMA, S. F. **JARDIM FILTRANTE COMO ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DO RIACHO ÁGUAS DO FERRO, ANTES DE SEU LANÇAMENTO NA PRAIA DE LAGOA DA ANTA.** Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, [S. I.], v. 3, n. 1, p. 83–94, 2015. Disponível em:

<<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/2642>>. Acesso em: 18 mai. 2023.

MARICATO, E.. **Metrópole, legislação e desigualdade**. Estud. av. vol.17 nº.48. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2003. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9928/11500>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

MASTER AMBIENTAL. **Alternativas individuais para tratar esgoto são cada vez mais viáveis**. Agosto, 2014. Disponível em: <<https://www.masterambiental.com.br/noticias/agua-saneamento/alternativas-individuais-para-tratar-esgoto-sao-cada-vez-mais-viaveis/#:~:text=Tratamento%20de%20zona%20de%20ra%C3%ADzes,que%20ser%C3%A1%20degradado%20por%20bact%C3%A9rias>>. Acesso em: 22 set. 2023.

MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. Viçosa: Editora UFV, 2017. 293 p.
MIRANDA, Rafael Abreu; DA CUNHA RIBEIRO, André; AQUINO, Davi Santiago. DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA ESTIMATIVA DA AUTODEPURAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 2, p. 1146-1154, 2016.

NASCIMENTO, F. A. T. et al. O processo de ocupação do solo de Maceió: do porto de Jaraguá ao plano diretor. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 3, n. 2, p. 11-28, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/3088>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

NAUTICEXPO. **Barreiras de contenção**. 2023. Disponível em: <<https://www.nauticexpo.com/pt/fabricante-embarcacao/barreira-contencao-21339.html>>. Acesso em: 22 set. 2023.

NEVES, M. G. F. P. das, de Souza, V. C. B., Peplau, G. R., da Silva Júnior, R. I., dos Santos Pedrosa, H. T., & Cavalcante, R. B. L. (2007). **Características da bacia do Riacho Reginaldo em Maceió-AL e suas implicações no escoamento superficial**. Maceió, 2007. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/ef62581ecb9884500320728c6ae6f0c0_f2578c6f8f852b67d1c4ea3a34373125.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

NORO, Etan Alexandre. **Sistema combinado de esgotamento sanitário: alternativa viabilizadora de sistemas de esgotos**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63204/000861997.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 mai. 2023.

Observatório do Futuro. **Saneamento avança, mas Brasil ainda joga 55% do esgoto que coleta na natureza, diz estudo**. TCE São Paulo. Abril, 2018. Disponível em: <<https://www.tce.sp.gov.br/observatorio/saneamento-avanca-mas-brasil-ainda-joga-55-esgoto-coleta-natureza-diz-estudo>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

PAGLIARINI JÚNIOR, Sérgio Noberto; Parolin, Mauro; Crispim, Jefersson de Queiroz. **Estações de tratamento de esgoto por zona de raízes, uma alternativa viável para as cidades?**. Revista Geomae- Geografia, meio ambiente e ensino. Volume 2. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/geomae/article/view/5763/3787>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

Panorama Maceió. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/panorama>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

Plano Municipal de Saneamento Básico- **FUNASA**. Disponível em:

<<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento+de+%C3%81gua+Pot%C3%A1vel.pdf/c42e2752-7de2-4a0b-a751-fa352f1bdbc3?version=1.0#:~:text=e%20das%20condi%C3%A7%C3%B5es%20socioecon%C3%B4micas%20da,150%20a%20200%20L%2Fhab>>. Acesso em: 18 ago. 2023.

PEDROSA, Hugo Fagner dos Santos. **Avaliação do impacto da aplicação das diretrizes do Plano Diretor de Maceió sobre o escoamento superficial. Estudo de caso: Bacia do Riacho Reginaldo.** Maceió/Al, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5252>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PEPLAU, Guilherme Rocha; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira. **Proposta Metodológica para Análise de Viabilidade sobre a consideração prévia de Sistema Misto para Ações em Saneamento na Bacia do Riacho Reginaldo em Maceió-AL.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/9458184860025eb8b8f4f1212a426cc5_79ff0056a302312eb4bc4af120a13951.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.

PIMENTEL, I. M. C. **Avaliação quali-quantitativa do riacho Reginaldo e seus afluentes.** 2009. 156f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2009.

Plano Municipal de Redução de Risco. Maceió-AL. Setembro, 2007. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Produto_5_Maceio_V1.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2023.

Prefeitura de Sobral. **Jardins biofiltrantes dos parques da Cidade e Pajeú começam a apresentar resultados.** Sobral/CE. 2021. Disponível em: <<https://www.sobral.ce.gov.br/informes/principais/jardins-biofiltrantes-dos-parques-da-cidade-e-pajeu-comecam-a-apresentar-resultados>>. Acesso em: 23 set. 2023.

PY-DANIEL, Sarah Sampaio. **Avaliação da Eficiência de Um Sistema de Tratamento de Esgoto Doméstico por Zona de Raízes na Zona Rural de Manaus, Comunidade do Julião, Baixo Rio Negro, Amazonas.** XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA–CNPq/FAPEAM, 2011. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4148/1/pibic_inpa.pdf>. Acesso em: 23 set. 2023.

REZENDE, Osvaldo Moura et al. **Estudo Hidrológico-Hidrodinâmico para Avaliação do Comportamento de um Sistema de Jardins Filtrantes.** Simpósio Nacional de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica. Ouro Preto/MG. Agosto, 2022. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/179/I-FLUHIDROS0062-2-0-20220724-220922.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2023.

RIBEIRO, B. F.; Blauth, G.P; Beati, A.A.G.F. **ESTUDO DA EFETIVIDADE DOS JARDINS FILTRANTES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS.** 2018. Disponível em: <<https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3050.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ROCHA, Mariana **A BIOTECNOLOGIA DOS JARDINS FILTRANTES DA DESPOLIÇÃO DA LAGOA DA PAMPULHA.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVI, Nº. 000085, 30/06/2016. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/biotecnologia-dos-jardins-filtrantes-da-despoluicao-da-lagoa-da-pampulha>>. Acesso em: 21 mai. 2023.

RODRIGUES, Amanda, et al. **PRATAGY – O MAIOR SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS (CASAL).** Ciências exatas e

tecnológicas, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 151-164. Novembro, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br>>. Acesso em: 29 jan. 2023.

RODRIGUES, B.T; Bastos, A. L.; Rodrigues, M. T.; Fialho, B. M. W.; **Sistema de esgotamento sanitário de Maceió-AL em relação a sua quantidade populacional.** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR.2013.

SANTOS, Daniela Barbosa dos. **Avaliação da meta de sustentabilidade da agenda 2030: um estudo sobre o acesso à água potável e a rede de esgoto dos estados brasileiros e dos municípios sergipanos.** UFS, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12460/2/DANIELA_BARBOSA_SANTOS.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SEMARH. 2023. Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/en_AU/dataset/dados-de-precipitacao-mensal>. Acesso em: 23 set. 2023.

SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. **Filtro plantado com macrófitas (wetlands) como tratamento de esgotos em unidades residenciais – Critérios para Dimensionamento.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 22, Joinville, 1 - 30. 2003.

SILVA JÚNIOR, Rubem Izidro da. **Evolução da urbanização e seu efeito no escoamento superficial na bacia do riacho Reginaldo, Maceió-AL.** 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5242>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

SILVA, Elizângela de Cássia Rodrigues da. **Proposta de sistemas sustentáveis para o tratamento de esgotos no município de Coimbra, MG.** Viçosa- Minas Gerais. 2021. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/28468>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

SILVA, Kátia da. **O crescimento de favelas em Florianópolis: análise e perspectivas.** Florianópolis, julho de 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/108821/CNM0437-M.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 07 dez. 2022.

SILVA, M. R. P. da; OLIVEIRA NETTO, A. **A utilização de fossas verdes para o saneamento básico e desenvolvimento sustentável no Nordeste.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 6., 2014, São Cristóvão. Anais eletrônicos. São Cristóvão: DEPRO/UFS, 2014, p. 20-25. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/7765>>. Acesso em: 13 set. 2023.

SINOPSE POR SETORES - censo 2010-IBGE. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em:<<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/v.br>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SILVA, Suzana de Araújo. **SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: ESTUDO DE CASO DO RIACHO REGINALDO – MACEIÓ – AL.** UFAL. 2014. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/5270/1/Saneamento%20b%C3%A1sico%20e%20sa%C3%BAde%20p%C3%ABlica%20em%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20urbanas%20estudo%20de%20caso%20do%20riacho%20Reginaldo%20E2%80%93%20Mac>>

[ei%C3%B3%20%E2%80%93%20AL.pdf](#)>. Acesso em: 19 jan. 2023.

VASCONCELLOS, M. C.; PAGLIUSO, D., SOTOMAIOR, V. S.- **Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo** - Estud. Biol., Ambiente Divers. 2012 jul./dez. Disponível em: <<https://biblat.unam.mx/hevila/Estudosdebiologia/2012/vol34/no83/16.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

VIEIRA, Alexandre. **Foz do Salgadinho: Alurb retirou mais de 120 toneladas de lixo, após as chuvas.** Prefeitura de Maceió, julho/2023. Disponível em: <<https://maceio.al.gov.br/noticias/alurb/foz-do-salgadinho-alurb-retirou-mais-de-120-toneladas-de-lixo-apos-as-chuvas>>. Acesso em: 16 ago. 2023.