



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

NAYANNE MARIA GONÇALVES LEITE

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO BÁSICO URBANO
PARA MUNICÍPIOS CEARENSES COM MENOS DE 50 MIL HABITANTES**

**SUMÉ - PB
2021**

NAYANNE MARIA GONÇALVES LEITE

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO BÁSICO URBANO
PARA MUNICÍPIOS CEARENSES COM MENOS DE 50 MIL HABITANTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Linha de Pesquisa: Planejamento e gestão de recursos hídricos

Orientador: Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro

Coorientadora: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima



L533p Leite, Nyanne Maria Gonçalves.
Prospecção tecnológica de saneamento básico urbano para municípios cearenses com menos de 50 mil habitantes. / Nyanne Maria Gonçalves Leite. - 2021.

65 f.

Orientador: Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro; Co-orientadora: Professora Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Saneamento básico. 2. Esgotamento sanitário. 3. Tratamento de esgotamento sanitário. 4. Universalização do saneamento básico - Ceará. 5. Orbit Intelligence. 6. Wetlands. 7. Tratamento de esgotos sanitários. 8. Base de dados. I. Ribeiro, George do Nascimento. II. Lima, Vera Lúcia Antunes de. III. Título.

CDU: 628.32(043.2)

NAYANNE MARIA GONÇALVES LEITE

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO BÁSICO URBANO
PARA MUNICÍPIOS CEARENSES COM MENOS DE 50 MIL HABITANTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro
Orientador – UFCG

Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima
Coorientadora – UFCG

Prof. Dr. John Elton de Brito Leite Cunha
Examinador interno – UFCG

Prof. Dr. Paulo Roberto Megna Francisco
Examinador externo – UFCG

Trabalho aprovado em: 22 de fevereiro de 2021.

SUMÉ - PB

RESUMO

Grande parte dos municípios brasileiros apresentam baixos índices de coleta e tratamento de esgotamento sanitário. A ausência de tais serviços ocasiona prejuízos em diversos setores, como a saúde, a economia, a educação, ao turismo, impactando diretamente na qualidade de vida da população. Estudos mostram que países que investiram em tecnologias conseguiram elevar o índice de saneamento administrados com segurança. Diante disso, o presente trabalho visou realizar um levantamento das principais tecnologias de tratamento de esgotamento sanitário que para auxiliar os municípios cearenses com menos 50 mil habitantes no processo de universalização do saneamento básico. O monitoramento tecnológico empregado nesse estudo utilizou informações oriundas de documentos de patentes a nível internacional, através da ferramenta de busca *Orbit Intelligence*®. A partir dos dados obtidos, foram realizadas análises nível “macro”, “meso” e “micro”. Com base no estudo prospectivo, foram selecionadas três tecnologias: Dispositivo para saneamento de águas residuais; Dispositivo de saneamento compacto por filtro plantado; e Plantações equipadas para tratamento de efluentes orgânicos por bio-sanitização. Tais sistemas são capazes de tratar os esgotos sanitários com o auxílio de espécies vegetais adequadas para regiões que apresentam altas temperaturas e sol pleno, permitindo a implantação em municípios cearenses.

Palavras-chave: Esgotamento Sanitário. Universalização. Wetlands Construídos.

ABSTRACT

Most Brazilian municipalities have low rates of collection and treatment of sewage. The absence of such services causes losses in several sectors, such as health, economy, education, tourism, directly impacting the population's quality of life. Studies show that countries that have invested in technologies have managed to raise the rate of safely administered sanitation. Therefore, the present work aimed to carry out a survey of the main sewage treatment technologies to help municipalities in Ceará with less than 50 thousand inhabitants in the process of universalization of basic sanitation. The technological monitoring employed in this study used information from international patent documents, through the search tool Orbit Intelligence®. From the data obtained, analyzes were performed at “macro”, “meso” and “micro” levels. Based on the prospective study, three technologies were selected: Device for wastewater sanitation; Compact sanitation device by planted filter; and Plantations equipped for the treatment of organic effluents by bio-sanitization. Such systems are capable of treating sanitary sewage with the aid of plant species suitable for regions that have high temperatures and full sun, allowing their implementation in Ceará cities.

Keywords: Sewage. Universalization. Built Wetlands.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema unitário de esgotamento sanitário.....	20
Figura 2. Sistema separador absoluto.....	21
Figura 3. Sistema de esgoto sanitário.....	22
Figura 4. Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento horizontal subsuperficial.....	24
Figura 5. Esquema representativo do perfil longitudinal do <i>wetland</i> construído de escoamento vertical.....	25
Figura 6. Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento vertical (Sistema francês – 1º e 2º estágio).	26
Figura 7. Taxa urbana de esgotamento sanitário (2019).....	32
Figura 8. Fluxograma metodológico.....	33
Figura 9. Quantidade de resultados obtidos com os termos de busca “sanitation” e “wastewater” por país.....	36
Figura 10. Evolução anual do número de famílias de patentes entre 2000 e 2018.	37
Figura 11. Principais depositantes de tecnologias relacionadas à saneamento básico e águas residuais.....	38
Figura 12. Status legal das patentes relacionadas às tecnologias de saneamento básico e águas residuais.....	39
Figura 13. Aplicações e conceitos de tecnologias relacionadas ao saneamento básico e águas residuais.....	40
Figura 14. Dispositivo para saneamento de águas residuais.....	43
Figura 15. Dispositivo para limpeza de águas residuais.....	46
Figura 16. Estação típica de tratamento de águas residuais com filtros verticais (Macrophytles®).....	48
Figura 17. Plantações equipadas para tratamento de efluentes de indústrias agroalimentares.....	51
Figura 18. Plantações equipadas para tratamento de efluentes domésticos.....	53
Figura 19. Bambou-Assainissement® technology.....	54
Figura A-1 Folder - Wetlands Construídos: Alternativa para tratamento de esgoto em municípios cearenses.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa da Eficiência esperada nos níveis de tratamento	22
Tabela 2. Eficiência de remoção no tratamento do wetland construído	25
Tabela 3. Eficiência de remoção no tratamento do wetland construído de escoamento vertical (Sistema Francês)	27
Tabela 4. Análise Micro – patentes selecionadas	41
Tabela 5. Concentrações após o tratamento	44
Tabela 6. Eficiência de remoção no tratamento do wetland construído de fluxo vertical	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 SANEAMENTO BÁSICO.....	14
3.1.1 Saneamento no Brasil	15
3.1.1.1 Saneamento no Estado do Ceará	17
3.1.2. Doenças causadas pela falta de saneamento básico	18
3.2. TECNOLOGIAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	19
3.3. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	27
3.3.1. Orbit Intelligence	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
4.2.1 Base de Dados	34
4.2.2 Descrição das palavras-chaves e descritores	34
4.2.3 Análise dos dados	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 ANÁLISE MACRO.....	36
5.2 ANÁLISE MESO	39
5.3 ANÁLISE MICRO	40
5.3.1 Dispositivo 1	41
5.3.2 Dispositivo 2	44
5.3.3 Dispositivo 3	49
5.4 ANÁLISE DOS NÍVEIS MACRO, MESO E MICRO	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A – FOLDER	67

1 INTRODUÇÃO

Historicamente no Brasil, as coberturas de água e de esgoto têm melhorado lentamente nos últimos anos. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2019), em 2018, quase 35 milhões de brasileiros, o que corresponde a mais de 16% da população, ainda não tinham acesso à água tratada, além disso, apenas 53% dos brasileiros tinham acesso à coleta de esgoto, cerca de 100 milhões de pessoas não tinham esse serviço no país e somente 46% do esgoto coletado era tratado. A região Nordeste apresenta dados abaixo da média nacional, tendo 74,21% da população abastecida com água potável, com 28% dos esgotos coletados, dos quais apenas 36,24% eram tratados.

Dentre os estados brasileiros, o Ceará apresenta 33,24% da população com cobertura urbana de esgotamento sanitário (SNIS, 2020). No entanto, 1.339.202 domicílios (57% do total de domicílios) destinam seus esgotos inadequadamente, em fossa rudimentar, vala, recursos hídricos, a céu aberto, entre outros. Dos domicílios que têm rede coletora disponível, 189.636 não estão interligados ao sistema público de esgoto (CAGECE, 2016). Além disso, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS, em 2019, apenas 25,63% da população cearense tinha atendimento com rede coletora de esgoto e dos esgotos gerados somente 35,9% recebiam tratamento (BRASIL, 2020).

A Lei 14.026/2020, o novo Marco Legal do Saneamento, estabeleceu a meta de atingir, em 31 de dezembro de 2033, o acesso a água potável a 99% dos brasileiros e 90% ao tratamento e a coleta de esgoto (BRASIL, 2020). No entanto, ao analisar os índices de atendimento dos serviços de saneamento básico, observa-se que caso não haja novas ações que alterem a atuação das políticas públicas e investimentos no setor, nenhuma meta será atendida no prazo estabelecido, sendo prevista a universalização dos serviços para após o ano de 2050 (CNI, 2018). É necessário um esforço sistemático para organizar as políticas públicas e gestão dos serviços de saneamento, tendo em vista que não existem limitações físicas naturais insuperáveis e não faltam soluções tecnológicas, entretanto, os obstáculos estão relacionados com as crises de governo e da gestão democrática e a desafios éticos (HELLER & CASTRO, 2013).

No Brasil, para aumentar a cobertura de serviços de saneamento básico, como o abastecimento de água potável, a coleta e tratamento de esgoto e a coleta e a destinação adequada dos resíduos sólidos são disponibilizados aos municípios investimentos do Governo Federal, o qual classifica os municípios em três grupos: o grupo 1 é composto pelas grandes regiões metropolitanas do país, municípios com mais de 100 mil habitantes das regiões Sul e Sudeste e municípios com mais de 70 mil habitantes das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste; o grupo 2 por municípios das regiões Sul e Sudeste com população entre 50 mil e 100 mil habitantes e por municípios das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste que possuem entre 50 mil e 70 mil habitantes; já o grupo 3 é formado por municípios com menos de 50 mil habitantes (BRASIL, 2018).

O sistema coletivo de esgotamento sanitário predominante no Brasil é o tipo separador absoluto, nesse sistema os esgotos sanitários e as águas pluviais são coletados e transportados em sistemas independentes até a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE (CAMPOS, 2007).

Além das tradicionais ETE's, existem outras tecnologias que são utilizadas para tratar os efluentes, como os *wetlands* construídos, que utilizam tecnologia simples, de fácil operação e baixo custo, apresentando boa ciclagem de nutrientes, removendo a matéria orgânica e reduzindo os microrganismos patogênicos presentes nas águas residuais, para isso emprega-se mecanismos como a decantação, o predatismo e competição entre outros microrganismos e eventuais substâncias tóxicas são produzidas e liberadas pelas plantas através de suas raízes (COSTA et al., 2003).

Considerando que os investimentos disponibilizados pelo Governo Federal são coordenados por instituições distintas, conforme o grupo de municípios classificados pela quantidade de habitantes, sendo os Grupos 1 e 2 são coordenados pelo Ministério do Desenvolvimento Regional e o Grupo 3 pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, que é vinculada ao Ministério da Saúde (BRASIL, 2018), o presente trabalho realizou um estudo prospectivo das tecnologias de esgotamento sanitário existentes, visando fornecer subsídios auxiliar os gestores de municípios do Grupo 3, os quais possuem menos de 50 mil habitantes, na implantação dos serviços de tratamento de esgoto, motivando à conscientização quanto a importância do saneamento para a qualidade de vida da população.

O estudo prospectivo tem a finalidade de auxiliar a traçar e analisar estratégias para alcançar o futuro desejado, mapeando desenvolvimentos científicos e tecnológicos eficientes, os quais podem influenciar a sociedade ou a economia, possibilitando a antecipação de inovações, identificando as oportunidades e prováveis ameaças (PARANHOS & RIBEIRO, 2018).

Para prospectar o futuro existem três caminhos que podem ser utilizados: (i) através de inferências, as quais traçam o futuro pela reprodução do passado, com algumas limitações, suprimindo as descontinuidade ou rupturas; (ii) pela geração sistemática de trajetórias alternativas, elaborando os possíveis cenários; ou (iii) por consenso, através da visão subjetiva de especialistas (MAYERHOFF, 2008).

No entanto, independentemente do método escolhido, o estudo prospectivo deve utilizar informações confiáveis e coerentes, tais como as que podem ser obtidas no sistema de propriedade intelectual, especificamente no sistema de patentes, o qual é alimentado em bases de dados constantes, dispondo de sistemática clara e objetiva (PARANHOS & RIBEIRO, 2018).

Atualmente, existem várias bases de busca de patentes com abrangência em diversos países, como o Orbit Intelligence que, segundo Pires et al. (2020), é o sistema de busca de patentes que apresenta maior amplitude de base de dados e mais ferramentas para o processamento de dados, sendo compatível com outros sistemas, permitindo a exportação em figuras ou em dados brutos, tais características tornam a plataforma mais adequada para os setores governamental, empresarial e acadêmico tendo em vista sua amplitude e flexibilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar estudo prospectivo das principais tecnologias de tratamento de esgotamento sanitário para auxiliar os municípios cearenses com menos de 50 mil habitantes no processo de universalização do saneamento básico.

2.2 Objetivos específicos

- Consultar documentos que regulamentam o saneamento básico no Brasil e no Estado do Ceará.
- Realizar estudo prospectivo sobre as principais tecnologias de tratamento de esgotamento sanitário no mundo, no Brasil e no Estado do Ceará.
- Avaliar as tecnologias de tratamento de esgoto, considerando a viabilidade de implantação em municípios cearenses com menos de 50 mil habitantes.
- Propor alternativas que auxiliem na implantação de serviços de esgotamento sanitário.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Saneamento Básico

A Organização das Nações Unidas em 2015, propôs uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, que estabeleceu 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, os quais buscam garantir os direitos humanos, erradicar a pobreza, agir contra as mudanças climáticas, entre outras ações (ONU, 2015).

O sexto Objetivo pretende assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, buscando alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, até 2030 (ONU, 2015). Entretanto, de acordo com o Relatório do Programa de Monitoramento Conjunto para Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene (JMP) do UNICEF/OMS (2019), em 2017, 3,4 bilhões de pessoas utilizavam serviços de saneamento gerenciados de forma segura, correspondendo a 45% da população mundial, crescendo 17 pontos percentuais em relação ao ano 2000, quando eram 28%. No entanto, apenas 31% da população (2,2 bilhões de pessoas) usavam instalações de saneamento privadas conectadas a esgotos de onde as águas residuais eram tratadas, cerca de 74% da população global (5,5 bilhões de pessoas) utilizavam pelo menos um serviço de saneamento básico. No relatório também se observa que 2,0 bilhões de pessoas não tinham instalações de saneamento básico, como banheiros, destes, 673 milhões ainda defecavam a céu aberto. Estima-se que pelo menos 10% da população mundial consuma alimentos irrigados por águas residuais.

O investimento em serviços de saneamento básico, como o tratamento de esgotamento sanitário pode recuperar águas residuais em estações de tratamento de esgoto, possibilitando o reuso em várias atividades, como irrigação, uso paisagístico, combate a incêndio, lavagem de automóveis, uso na construção civil, entre outros, contribuindo para a redução do consumo de água potável para estes fins, além de melhorar a saúde e preservar o meio ambiente (LEONETI et al., 2011).

3.1.1 Saneamento no Brasil

O Art. 21 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) prevê as competências da União, afirmando no inciso XX, que esta deve instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos. Já no Art. 23, são estabelecidas as competências comuns entre os entes federados, dentre as quais destaca-se o inciso IX, que determina que União, Estados, Municípios e Distrito Federal devem promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico.

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico, regulamentada pela Lei nº 11.445/2007, estabeleceu algumas mudanças no setor, dentre as quais destacam-se a inclusão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e a drenagem e o manejo de águas pluviais, passando a titularidade desses serviços aos municípios, tornando-os responsáveis pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, o qual deveria ter sido desenvolvido inicialmente até 2013, mas foi alterado e, conforme o Decreto nº 10.203/2020, o titular dos serviços tem até 31 de dezembro de 2022 para apresentação do plano (BRASIL, 2020).

A Lei 11.445/2007 define saneamento básico como o conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

De acordo com informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, em 2019, apenas 54,1% dos brasileiros tinham atendimento com rede coletora de esgoto, destes, 78,5% eram tratados, correspondendo a 49,1% dos esgotos gerados no país. Quando comparados com os índices de atendimentos registrados em 2018, percebe-se um acréscimo de 0,9 pontos percentuais, já o atendimento ao tratamento de esgoto coletado aumentou 4 pontos percentuais, um crescimento de 2,8 pontos considerando os esgotos gerados (BRASIL/SNIS, 2020).

O Nordeste brasileiro teve um pequeno crescimento no índice de atendimento com rede coletora, passando de 28,0%, em 2018, para 28,3%, em 2019. No entanto, a Região foi a única que apresentou decréscimo nos índices de tratamento dos esgotos em 2019. Em 2018, 83,6% dos esgotos coletados no Nordeste eram

tratados, correspondendo a 36,2% dos esgotos gerados, já no ano seguinte, os percentuais foram de 82,7 e 33,7%, respectivamente. Este fato deve-se a variação nos volumes de água consumida e de esgoto tratado de algumas prestadoras regionais, algumas reduziram o volume de esgotos tratados e outras aumentaram o volume de água consumida muito superior ao volume de efluentes tratados (BRASIL/SNIS, 2020).

A Lei 11.445/2007, regulamentada pelo Decreto nº 7.217/2010, prevê a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, o qual foi aprovado pelo Decreto nº 8.141/2013 e a Portaria Interministerial nº 571/2013. O PLANSAB contempla um planejamento integrado dos componentes do saneamento básico: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Com horizonte de 20 anos (2014-2033), o Plano deve ser avaliado anualmente e revisado a cada quatro anos, a primeira revisão está em fase final de avaliação pelos Conselhos Nacionais da Saúde, do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (BRASIL/MDR, 2020).

Em julho de 2020, foi sancionada a Lei nº 14.026, o novo Marco Legal do Saneamento Básico, que tem como principal objetivo de estruturar um ambiente de segurança jurídica, competitividade e sustentabilidade a fim de atrair novos investimentos para universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor. O Governo Federal estabeleceu a meta de alcançar a universalização até 2033, assegurando o acesso a água potável a 99% dos brasileiros e 90% ao tratamento e à coleta de esgoto (BRASIL/MDR, 2020).

Entre as principais mudanças trazidas pela Lei nº 14.026/2020, destacam-se a atribuição de competência à Agência Nacional de Águas para instruir normas de referências para regulação dos serviços de saneamento, passando a ser denominada Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA; a extinção dos contratos de programa, abrindo espaço para os contratos de concessão e tornando obrigatória a abertura de licitação; a formação de blocos de municípios, os quais serão compostos por pequenos municípios que poderão contratar serviços de forma coletiva; a criação do Comitê Interministerial de Saneamento, buscando melhorar a articulação entre os órgãos governamentais que atuam no setor; e a implementação de planos municipais e regionais de saneamento básico para os municípios e blocos de municípios (ANA, 2020).

3.1.1.1 Saneamento no Estado do Ceará

De acordo com o SNIS (2020), em 2019, apenas 25,63% da população era atendida com rede coletora de esgoto no Ceará, dos esgotos coletados, 91,13% eram tratados, correspondendo a 35,9% dos esgotos gerados. Quando comparado com 2018, percebe-se um crescimento inferior a 1% no índice de atendimento com rede coletora de esgoto e no tratamento de esgotos coletados, os quais eram, respectivamente, 25,46 e 90,52%. Já o índice de esgoto tratado em relação ao volume gerado, teve um decréscimo de 2,93 pontos percentuais, sendo 38,83% em 2018.

O Estado apresenta índices de atendimento com rede coletora de esgoto e tratamento de esgotos gerados abaixo da média Nacional. Um estudo realizado pela Agência Reguladora de Serviços Delegados do Estado do Ceará (ARCE), o qual identificou os investimentos em esgotamento sanitário no Estado entre 1999 e 2017, verificou que se a taxa média de crescimento de coberturas desses serviços (4,75%) for mantida, a universalização dos serviços do setor não acontecerá antes do final deste século (ALEC, 2019).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2017, dos 184 municípios cearenses, 123 tinham rede de esgotamento sanitário, estando 116 em funcionamento e 7 em fase de implantação. Apenas 92 unidades com Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em operação (IBGE, 2017).

Apesar do crescimento na oferta de infraestrutura de esgotamento sanitário, a população cearense apresenta relativa rejeição a esses serviços pela (a) subutilização dos sistemas existentes, considerando que apenas a ampliação da rede coletora não resolveria os problemas, tendo em vista que, em 2017, 50% dos esgotos coletados foram lançados diretamente no meio ambiente sem tratamento; (b) falta de recursos financeiros da população para pagamento dos serviços, as famílias de baixa renda média presente na maioria dos municípios precisa de políticas tarifárias estruturadas, com foco em subsídios e adequação a capacidade de pagamento dos usuários; e (c) inatividade das redes de esgoto já instaladas em alguns municípios, o que pode tornar inviável a operação do sistema (AL-CE, 2019).

3.1.2 Doenças causadas pela falta de saneamento básico

Desde a antiguidade civilizações, como a grega e a romana, desenvolveram técnicas de tratamento e distribuição de água, mostrando que a água poluída por dejetos e resíduos podia transmitir doenças. Com o passar dos anos, cientistas descobriram que seres microscópicos eram responsáveis por moléstias e que esses organismos podiam ser encontrados em solos e águas aparentemente limpos, sendo introduzidos por material contaminado ou fezes de pessoas doentes (RIBEIRO & ROOKE, 2010).

Com o crescimento desordenado das cidades ocasionou-se problemas no abastecimento de água e esgotamento sanitário, além de ocupação irregulares, elevando os riscos de infecções transmitidas por veiculação hídrica e por vetores que se proliferam nas áreas mais vulneráveis dos municípios (ALMEIDA et al., 2020).

O saneamento precário acarreta riscos ao meio ambiente gerando poluição e problemas à saúde da população através das doenças causadas, como por exemplo, diarreias, hepatite, pólio, rotavírus, febre amarela, dengue, zika, chikungunya, entre outras. Daí a necessidade de investimento em saneamento básico e em novas tecnologias que auxiliem e aumentem a eficiência destes serviços e gerem soluções inovadoras para mitigar os problemas relacionados a este tema (TRATA BRASIL, 2019).

A melhoria no setor de saneamento resulta na redução da disseminação de vermes intestinais, esquistossomose e tracoma, diminuição da gravidade e do impacto da desnutrição, proporcionando dignidade e aumento da segurança, melhoria na educação e recuperação potencial da água (OMS, 2019).

A ausência de abastecimento de água leva a população a estocar volumes consideráveis em reservatórios e quando tal armazenamento é feito de maneira inadequada, contribui-se para a proliferação do *Aedes Aegypti*, mosquito transmissor de doenças como dengue, Chikungunya e o zika vírus. Além disso, a falta de gestão dos resíduos sólidos, sem coleta regular, ocasiona o acúmulo de água no lixo deixado nas ruas, facilitando a instalação de criadouros do mosquito (CASTRO, 2016).

A ingestão de água ou de alimentos contaminados, proveniente da ausência de saneamento básico, pode causar uma infecção intestinal aguda, a qual tem como

principal sintoma a diarreia. Essa doença é ocasionada por alguns vírus, protozoários e agentes patogênicos, como o Rotavírus, que é responsável por cerca de 40% das internações hospitalares em crianças menores de 5 anos no mundo (TRATA BRASIL, 2017).

Em países de baixa e média renda, aproximadamente 827.000 pessoas morrem em decorrência de condições inadequadas de água, saneamento e higiene a cada ano, sendo a falta de saneamento responsável por cerca de 432.000 dessas mortes (OMS, 2019).

O saneamento básico é essencial para a prevenção de doenças, visto que a conservação da limpeza dos ambientes, hábitos de higiene adequados e a coleta adequada dos esgotos, por exemplo, podem evitar a proliferação de insetos, vírus e ratos, os quais são responsáveis por algumas moléstias (RIBEIRO & ROOKE, 2010).

3.2 Tecnologias de coleta e tratamento de esgotos sanitários

O esgotamento sanitário é um dos serviços básicos de saneamento, o qual, de acordo com a Lei nº 14.026/2020, é constituído:

“pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente” (BRASIL, 2020).

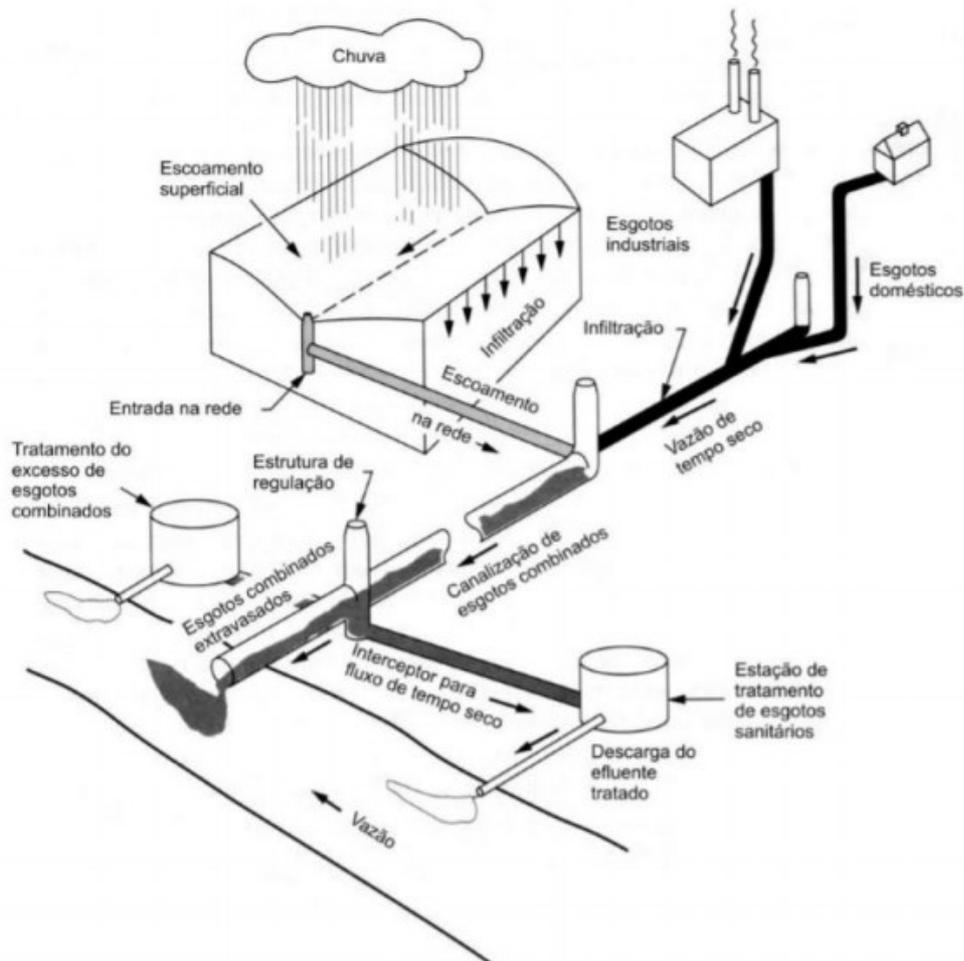
A Lei nº 14.026/2020, o novo Marco Legal do Saneamento, considera que, para ser classificado como serviços públicos de esgotamento sanitário, o sistema deve ser composto de uma ou mais atividades constituintes do serviço, como a coleta, o transporte, o tratamento e disposição final dos esgotos sanitários (BRASIL, 2020).

Os sistemas de esgotamento sanitário podem ser individuais ou coletivos. Os sistemas individuais, geralmente, são adotados para atender edificações unifamiliares quando não há rede pública de esgoto, sendo constituídos de tanques sépticos, filtro e sumidouro. Já os sistemas coletivos apresentam duas variáveis, o sistema unitário ou combinado e o sistema separador absoluto, ambos são

constituídos por tubulações que recebem o esgoto, transportam-no até o tratamento e ao destino final (MENEGAT, 2018).

O sistema combinado utiliza um único coletor para captar águas pluviais e esgotos domésticos, neste caso há uma única rede, que pode ser implantada a partir da tubulação de drenagem pluvial existente. Esse tipo de sistema é dimensionado para que a parcela de esgoto coletado em períodos de baixa pluviosidade receba o tratamento, porém quando as vazões de projeto são superadas, geralmente em períodos de chuvas intensas, desvia-se o volume excedente, encaminhando-o diretamente para o curso d'água por meio de estruturas de regulação e desvio e estravadores a montante da estação de tratamento de esgoto (Figura 1) (BRUM & WARTCHOW, 2017). Esse tipo de sistema não é utilizado no Brasil, tendo em vista que há variação de vazão entre as estações chuvosa e de estiagem, o que resultaria em uma rede subutilizada na maior parte do ano (FALCETTA, 2017).

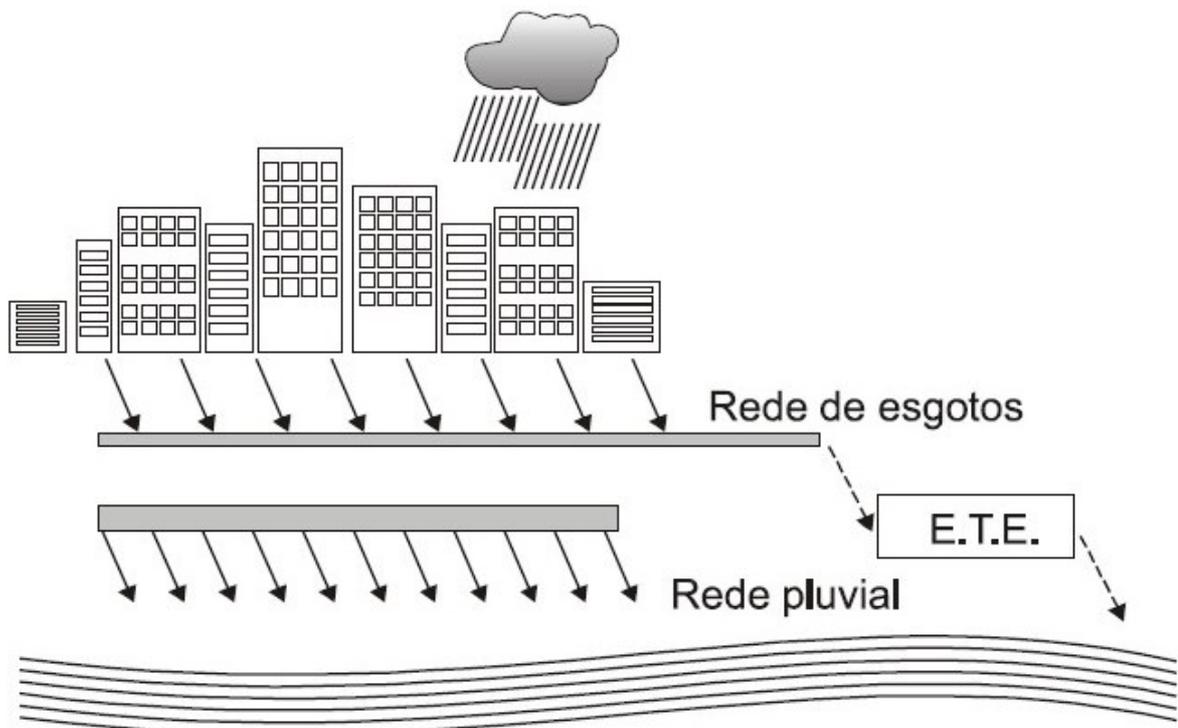
Figura 1 - Sistema unitário de esgotamento sanitário



Fonte: Gehling e Benetti (2005).

O sistema separador absoluto utiliza sistemas independentes, os quais separam a drenagem de águas pluviais das águas residuárias e parcela de água infiltrada (Figura 2). Para a eficiência deste sistema deve-se evitar ligações clandestinas, garantindo que os esgotos sejam separados das águas de chuvas. Essa metodologia é a mais adotada no Brasil (MACHADO et al., 2013). Nesse tipo de sistema as tubulações possuem dimensões menores, permitindo a utilização de pré-moldados de baixo custo, facilitando a implantação por etapas e futura ampliação da rede, dispondo de vazões praticamente constantes durante todo o tempo (FALCETTA, 2017).

Figura 2 - Sistema separador absoluto



Fonte: Tsutya e Bueno (2004).

Para Ortiz et al. (2019), as principais partes do sistema de esgoto sanitário (Figura 3) são:

- **Rede coletora:** composta pelo conjunto de tubulações que recebem e conduzem os esgotos das edificações, sendo constituído por ligações prediais, coletores de esgotos e órgãos acessórios, tais como poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, terminais de limpeza e caixas de passagem.
- **Interceptores:** são tubulações que recebem e transportam o esgoto coletado, sem receber diretamente as ligações prediais;

- **Estação elevatória:** são instalações que conduzem os esgotos para cotas mais elevadas;
- **Estação de tratamento:** instalações que reduzem a carga poluidora dos efluentes antes do lançamento no corpo d'água receptor;
- **Emissário:** é a canalização que conduz os esgotos até o destino final; e
- **Corpo de água receptor:** é o corpo hídrico que recebe o efluente das estações de tratamento no seu estágio final.

Figura 3 - Sistema de esgoto sanitário



Fonte: Ruggeri Júnior e Carvalho (2020).

O tratamento dos esgotos pode ser classificado em quatro fases: preliminar, primário, secundário e terciário ou avançado. Tais etapas são necessárias para que os efluentes atinjam padrões de lançamento (Tabela 1), para ser destinado a um corpo hídrico (FELDKIRCHER, 2010).

Tabela 1 - Estimativa da Eficiência esperada nos níveis de tratamento

Tipo de Tratamento	Matéria Orgânica (% de remoção de DBO)	Sólidos em suspensão (% de remoção SS)	Bactérias (% de remoção)
Preliminar	5-10	5-20	10-20
Primário	25-50	40-70	25-75
Secundário	80-95	65-95	70-90
Terciário	40-99	80-99	Até 99,99

Fonte: Costa e Telles (2007).

O tratamento preliminar trata-se da fase inicial de separação de sólido, na qual são removidos sólidos grosseiros, detritos minerais (areia), materiais flutuantes e, muitas vezes, óleos e graxas, através de grades, caixa de areia e tanques de

remoção de óleos e graxas. No tratamento primário o esgoto passa por um decantador primário, onde ocorre a sedimentação e remoção dos sólidos, podendo ser removidos até 70% dos sólidos em suspensão. No secundário é removida a matéria orgânica biodegradável presente nos sólidos dissolvidos e os decantadores secundários permitem a separação dos sólidos em suspensão contidos no tanque de aeração, possibilitando a saída de um efluente clarificado e o aumento do teor de sólidos em suspensão no fundo do decantador (COSTA & TELLES, 2007). O tratamento terciário tem o objetivo de remover nutrientes que possam ocasionar a eutrofização dos corpos receptores (FELDKIRCHER, 2010).

Os sistemas de esgoto podem ser centralizados, quando todos os esgotos gerados em uma região são encaminhados para um único lugar, e descentralizados, neste caso, o sistema é subdividido para pequenos aglomerados em uma mesma bacia de escoamento, dessa forma os custos de transporte dos efluentes são reduzidos. No entanto, no Brasil não há legislação específica para sistemas descentralizados de esgoto, cabendo a cada município legislar sobre a questão (BRASIL, 2018).

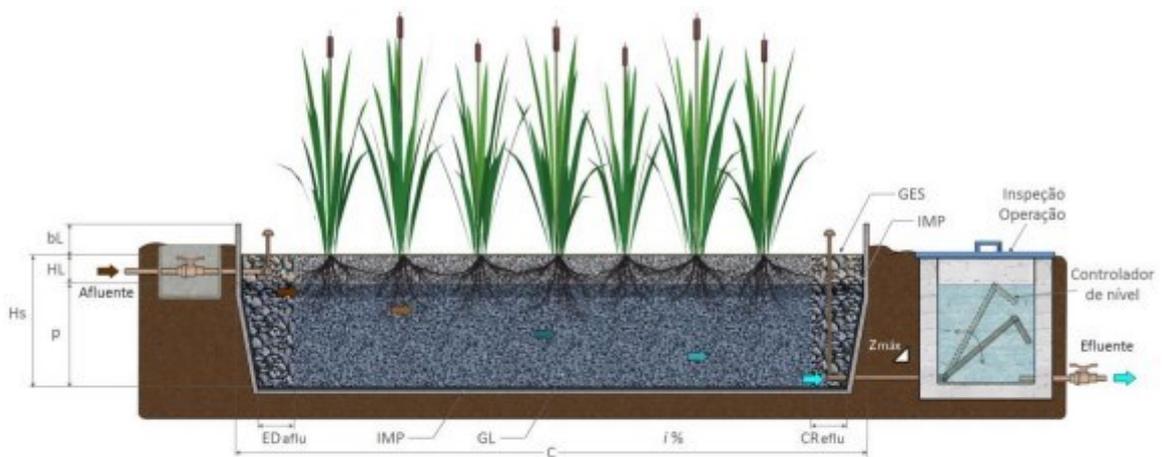
Um exemplo de sistema descentralizado de tratamento de efluentes são *wetlands* construídos que se tratam de ambientes saturados ou parcialmente saturados, constituídos de plantas aquáticas, microrganismos e meio filtrante (areia, cascalho ou outro material inerte), são considerados flexíveis na operação, pois permitem o controle de algumas características, como o fluxo empregado e o tempo de detenção hidráulica, apresentando bom desempenho na remoção de contaminantes, como os compostos orgânicos, sólidos em suspensão, nitrogênio, fósforo, metais e patógenos, mostrando eficácia no tratamento de diversos tipos de efluentes (PERONDI, 2020).

Segundo Von Sperling e Sezerino (2018), os três principais tipos de *wetlands* construídos são:

- **Wetland construído de escoamento horizontal subsuperficial**, o qual recebe esgoto pré-tratado, disposto na zona de entrada, parte inicial do leito (composta por brita de granulometria maior ou material similar), chegando à zona principal do leito, onde escoar vagarosamente por meio do material filtrante (brita ou cascalho), até atingir a zona de saída (também composta por brita de granulometria maior ou material similar), na extremidade oposta. O escoamento do líquido ocorre em um meio saturado hidráulicamente,

predominantemente, de forma horizontal, ao longo da seção longitudinal, de modo que o nível do líquido sempre fica abaixo do nível do material filtrante (Figura 4). Quando utilizado após tratamento primário ou secundário de baixa eficiência, o sistema apresenta eficácia na remoção de DBO, DQO, sólidos suspensos, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes (Tabela 2).

Figura 4 - Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento horizontal subsuperficial.



Legenda:

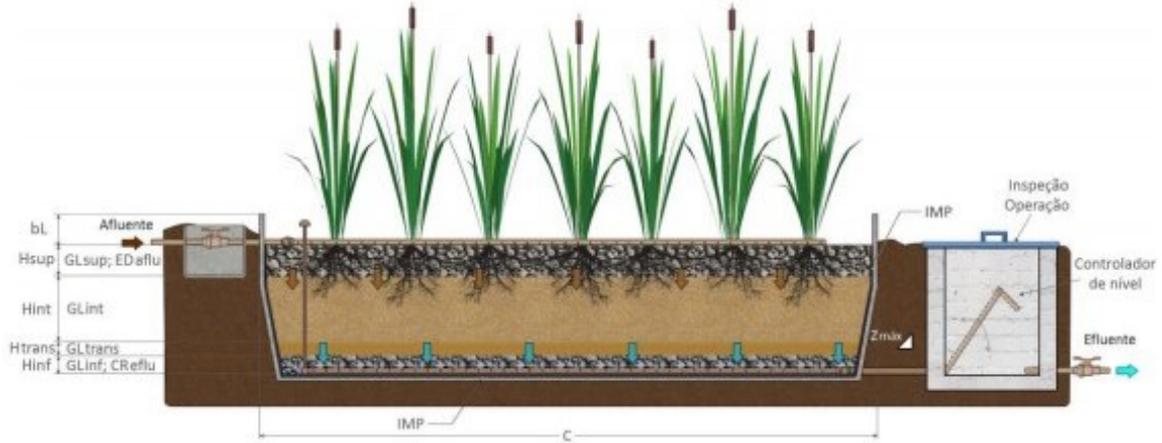
Hs - altura do meio suporte;	IMP - impermeabilização (fundo e laterais);
p - profundidade útil do líquido;	GES - granulometria da zona de entrada e saída;
HL - distância vertical entre o nível superior do esgoto e o topo do meio suporte;	GL - granulometria do leito filtrante;
Hs - altura do meio suporte (substrato);	ED aflu - zona de entrada e distribuição do afluente;
bL - borda livre; distância vertical entre o nível superior do meio suporte e o topo do talude ou parede.	CR eflu - zona de coleta e retirada do efluente;
C - comprimento longitudinal;	i % - declividade longitudinal de fundo.
Zmáx - declividade máxima do talude interno (quando necessário);	

Fonte: Von Sperling e Sezerino (2018).

- **Wetland construído de escoamento vertical**, recebe o efluente pré-tratado, o qual é disposto uniformemente sobre toda área superficial do módulo de tratamento, percolando por entre as plantas macrófitas e pelo material filtrante (geralmente areia), até ser coletado pelo sistema de drenagem no fundo do tanque (Figura 5), neste caso o meio permanece não saturado, ou seja, os espaços vazios entre os grãos estão preenchidos com ar, predominando condições aeróbias no leito filtrante. O sistema apresenta eficiência na remoção de DBO, DQO, sólidos suspensos, nitrogênio amoniacal, nitrogênio

total, fósforo total e coliformes termotolerantes, após o tratamento primário ou secundário de baixa eficiência, conforme a Tabela 2.

Figura 5 - Esquema representativo do perfil longitudinal do *wetland* construído de escoamento vertical.



Legenda:

Hsup - altura da camada superior do meio suporte (camada opcional);	GLsup - granulometria do leito na camada superior do meio filtrante;
Hint - altura da camada intermediária, principal, de filtração;	GLint - granulometria do leito na camada intermediária, principal, de filtração;
Htrans - altura da camada de transição;	GLtrans - granulometria do leito na camada de transição
Hinf - altura da camada inferior, de drenagem;	GLinf - granulometria do leito na camada inferior, de drenagem;
bL - borda livre; distância vertical entre o nível superior do meio suporte e o topo do talude ou parede	ED aflu - zona de entrada e distribuição do afluente, na camada superior do meio filtrante;
C - comprimento;	CR eflu - zona de coleta e retirada do efluente na camada de drenagem, no fundo.
Zmáx - declividade máxima do talude (quando necessário);	
IMP - impermeabilização (fundo e laterais);	

Fonte: Von Sperling e Sezerino (2018).

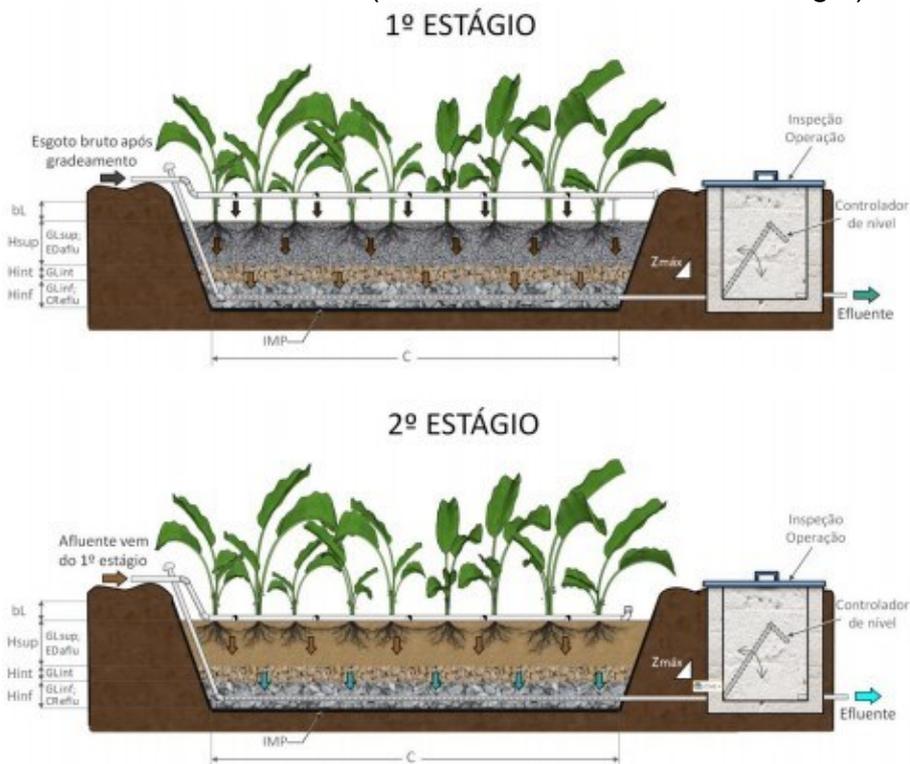
Tabela 2 - Eficiência de remoção no tratamento do *wetland* construído

Tipo de <i>wetland</i> construído	Item	Efluente recebido	
		Tratamento primário	Tratamento secundário de baixa eficiência
Escoamento horizontal	DBO	>85%	>90%
	DQO	>80%	>85%
	Sólidos suspensos	>85%	>90%
	Nitrogênio amoniacal	>40%	>40%
	Nitrogênio total	>50%	>50%
	Fósforo total	>20%	>20%
	Coliformes termotolerantes	1 a 3 unidade log	1 a 3 unidade log
Escoamento vertical	DBO	>85%	>90%
	DQO	>80%	>85%
	Sólidos suspensos	>85%	>90%
	Nitrogênio amoniacal	>85%	>90%
	Nitrogênio total	>40%	>40%
	Fósforo total	>20%	>20%
	Coliformes termotolerantes	1 a 2 unidade log	1 a 2 unidade log

Fonte: Adaptado de Von Sperling e Sezerino (2018).

- O **wetland** construído de escoamento vertical (**sistema francês**) (Figura 6) é constituído por dois estágios, após o gradeamento, o primeiro estágio recebe esgoto bruto e o segundo recebe os efluentes tratados no primeiro estágio. O primeiro estágio visa remover a matéria orgânica e os sólidos suspensos, além de remover parcialmente o nitrogênio amoniacal por nitrificação. Já o segundo estágio promove o polimento no tratamento, complementa a remoção da matéria orgânica, sólidos suspensos, e principalmente, do nitrogênio amoniacal. Esse tipo de sistema também apresenta eficiência na remoção de DBO, DQO, sólidos suspensos, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes (Tabela 3).

Figura 6 - Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento vertical (Sistema francês – 1º e 2º estágio).



Legenda:

Hsup - altura da camada superior do meio suporte (camada principal, de filtração);	Glsup - granulometria do leito na camada superior do meio filtrante;
Hint - altura da camada intermediária, de transição;	Glint - granulometria do leito na camada intermediária;
Hinf - altura da camada inferior, de drenagem;	Glinf - granulometria do leito na camada inferior, de drenagem;
bL - borda livre;	ED afl - zona de entrada e distribuição do afluente;
C - comprimento;	CR efl - zona de coleta e retirada do efluente.
Zmáx - declividade máxima do talude (quando necessário);	
IMP - impermeabilização (fundo e laterais);	

Fonte: Adaptado de Von Sperling e Sezerino (2018).

Tabela 3 - Eficiência de remoção no tratamento do wetland construído de escoamento vertical (Sistema Francês)

Item	1º estágio	1º e 2º estágio
DBO	>80%	>90%
DQO	>75%	>85%
Sólidos suspensos	>80%	>90%
Nitrogênio amoniacal	>50%	>80%
Nitrogênio total	>40%	>50%
Fósforo total	>20%	>30%
Coliformes termotolerantes	1 a 2 unidade log	1 a 2 unidade log

Fonte: Adaptado de Von Sperling e Sezerino (2018).

3.3 Prospecção Tecnológica

A prospecção tecnológica é um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, os quais podem influenciar, consideravelmente a sociedade como um todo (KUPFER & TIGRE, 2004).

Os estudos de prospecção não buscam desvendar o futuro, mas sim delinear e testar visões possíveis e desejadas para direcionar as melhores escolhas no presente que contribuirão, da maneira mais positiva possível, para a construção do futuro, colaborando para geração de políticas de longo prazo, planos e estratégias que possuam circunstâncias futuras prováveis e desejáveis em um estreito alinhamento (MAYERHOFF, 2008).

Os estudos de prospecção tecnológica auxiliam as organizações na identificação de tecnologias úteis e promissoras, mostrando as principais tendências do contexto mundial, oportunidades de negócios e parcerias. Para prever o comportamento das variáveis socioeconômicas, políticas e tecnológicas e suas interações, é realizada uma análise prospectiva, a qual trata-se de um conjunto de métodos e atividades (BORSCHIVER, 2019).

Para se posicionar à frente dos concorrentes no mercado, as empresas buscam se diferenciar e se destacar através da inovação tecnológica e da tentativa de antecipar tendências e sinais de mudanças, mantendo-se competitivas. Para isso, o acompanhamento do ambiente externo tem se tornado cada vez mais importante, podendo ser realizado por meio de métodos de inteligência competitiva e de *technology foresight* (ANTUNES et al., 2018).

Inteligência Competitiva é um processo sistemático e organizado, que envolve o garimpo de dados brutos, os quais combinados geram informação e análise da informação, objetivando criar inteligência acionável para tomadores de decisão.

Referindo-se à capacidade organizacional de analisar, em um processo contínuo, consumidores, mercados e informações competitivas, a Inteligência competitiva tem como foco a geração de *insights*, buscando auxiliar na tomada de decisões acerca de eventos futuros, essas decisões tendem a ocasionar vantagens competitivas sustentáveis para as organizações (GARCIA, 2017).

Levet (2001) afirma que, existem duas questões fundamentais para o funcionamento da Inteligência competitiva, a produção de novos conhecimentos, relacionando-os com a técnica de produzir, interpretar e analisar o conhecimento proporcionando a antecipação da mudança e; a cooperação, a qual corresponde à capacidade de agir coletivamente de maneira coordenada com o desempenho empresarial.

Já o *foresight*, para Antunes et al. (2018), é um processo contínuo de comunicação e aprendizado, o qual tem como meta a ampliação de questionamentos e a conscientização sobre o futuro da organização e seu ambiente, envolvendo abordagens relacionadas a considerações de longo prazo para a tomada de decisões, tais como:

- *Elaboração de políticas que adotam perspectivas de longo prazo na forma de planejamento estratégico;*
- *Abordagens participativas que envolvem interações entre stakeholders e especialistas para pensar o futuro, buscando aumentar a base de conhecimento, proporcionar comprometimento com a visão criada por todos e mobilizar os envolvidos;*
- *Abordagens prospectivas que envolvem esforços tradicionais de previsão, usando métodos sistemáticos para explorar dinâmicas futuras (ANTUNES et al., 2018, p. 26).*

As abordagens de *foresight* orientam o fortalecimento de processos de governança na perspectiva de política pública em níveis regionais, nacionais e blocos de nações, porém organizações do setor privado também têm buscado nesse referencial alternativas para melhorar seus processos de decisão destinados à inovação, mostrando a conscientização das instituições sobre a necessidade de atuação em rede e interação com atores dos sistemas de inovação, mantendo e ampliando a capacidade de inovar e competir (CANOGIA, 2004).

Entre as principais diferenças das abordagens de inteligência competitiva e *foresight*, destaca-se o horizonte do método de prospecção, sendo respectivamente, de curto e longo prazo. Vale ressaltar que, a inteligência competitiva faz uso de informações públicas sobre tendências e atores, focando nas características atuais, relacionando os pontos fortes e fracos, atividade e produtos de organizações

semelhantes dentro de um setor. Já o *foresight* envolve fontes de conhecimento, *stakeholders* e agentes de mudança, os quais são considerados essenciais para o desenvolvimento de visões estratégicas e elaboração de produtos (ANTUNES et al., 2018).

De acordo com Porter (1992), a elaboração de estudos prospectivos, além de facilitar o desenvolvimento estratégico e a definição das estratégias da empresa, promove benefícios como a melhoria na compreensão do ambiente e na forma de lidar com a incerteza; cria redes de troca de informações e integração entre diversas áreas da empresa; permite a visão global do ambiente, bem com suas interligações; desenvolve a criatividade na instituição e identifica novas oportunidades de negócios.

As transformações tecnológicas, principalmente as acontecidas nas últimas décadas, mostram que, é necessário a utilização de informações fornecidas por estudos prospectivos, as quais podem orientar o futuro, considerando o papel determinante desse tipo de estudo na redução de incertezas e tomada de decisões, com isso destaca-se a importância da prospecção tecnológica, uma vez que esta possibilita o embasamento para formulação de estratégias de inovação (PARANHOS & RIBEIRO, 2018).

3.3.1 Orbit Intelligence

O *Orbit Intelligence*® foi desenvolvido pela empresa franco-americana *Questel Orbit*, a qual é uma das líderes globais no segmento de busca e análise de informações estratégicas de informações presentes em documentos de patentes desde a década de 1970. A plataforma não possui versão gratuita, no entanto ela disponibiliza versão de teste válida por sete dias (SUZUKI, 2016).

O sistema busca, visualiza, seleciona, analisa, exporta, monitora e compartilha informações contidas em mais de 55 milhões de famílias patentes e mais de 81 milhões de patentes, as quais são agrupadas, respectivamente, nas bases de dados proprietárias, *FamPat* e *FullPat*. Estas agregam dados de registros aplicados em de muitos escritórios de patentes em 100 países. Com interface em inglês, o *Orbit Intelligence*® apresenta resultados sobre número de família de patentes, título, inventores, depositantes, arquivo em formato PDF do documento original, imagens, resultado dos dados, recursos de leitura e seleção de resultados,

agregados a ferramenta de exportação de dados em diversos formatos (MAGNUS et al., 2018).

Com ferramentas de análise estatística e correlacional, o sistema permite a geração e visualização de gráficos sobre o conjunto de patentes, sendo aplicada em estudos de patenteabilidade e de liberdade de comercialização, mapeamento de segmentos tecnológicos, patenteamento estratégico, invenção estratégica, monitoramento de corrente identificação e caracterização de parceiros, entre outros (EWERS, 2014).

O *Orbit Intelligence*® possui mais de 100 campos pesquisáveis, formados em várias modalidades, como pesquisa fácil, avançada, por requerente e por número da patente. O sistema também permite a busca por classificações, podendo ser utilizadas a Classificação Internacional de Patentes – *International Patent Classification* (IPC), Classificação Europeia de Patentes – *Cooperative Patent Classification* (CPC), Classificação Americana de Patentes – *United States Patent Classification* (USPC), o sistema japonês de classificação de patentes - *File Index* (FI) e a classificação somente por computador – *Computer Only Classification* (ICO). O *Orbit Intelligence*® se destaca por possibilitar a pesquisa nos documentos completos, a tradução para o inglês de vários idiomas, a capacidade de análise e presença de dados complementares sobre litígio, tais características tornam o sistema adequado para o uso empresarial, governamental e acadêmico, sendo o mais apropriado para pesquisas de programas de pós-graduação (PIRES et al., 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O Estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil e tem por limites territoriais os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, a Leste, Piauí a Oeste, Pernambuco ao Sul, e o Oceano Atlântico ao Norte. Segundo o último censo realizado pelo IBGE, em 2010, o Ceará apresentava 8.452.381 habitantes, a população estimada em 2020 é de 9.187.103 pessoas, distribuídas em 14 Regiões de Planejamento, que possuem 184 municípios (Figura 5), dos quais 148 possuem menos de 50 mil habitantes (IBGE, 2020).

Com clima predominantemente semiárido, o Ceará tem pluviosidade marcada por um período úmido curto e irregular, e um período seco de longa duração, que ocasiona a aridez do clima juntamente com as ações atmosféricas globais, os arranjos espaciais e a topografia local, limitando a distribuição da umidade (CEARÁ, 2016).

Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE (2007), do ponto de vista geoambiental, parte dos solos cearenses encontram-se degradado ou com estágios avançados de desertificação, além disso, os recursos hídricos subterrâneos e superficiais tendem para escassez ou apresentam níveis comprometedores de poluição, tal problema se agrava na área de bioma caatinga, o qual está presente na maior parte do território do Ceará.

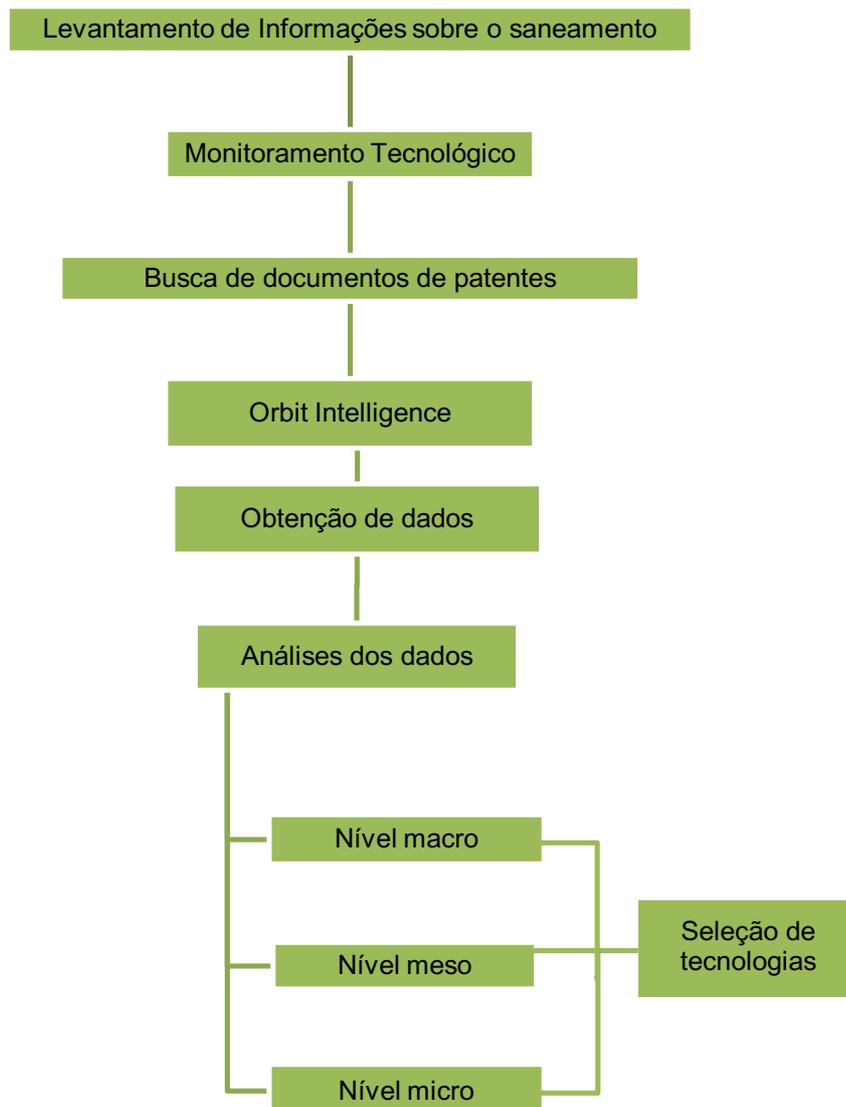
O Estado do Ceará contempla 12 bacias hidrográficas, as quais são formadas pelos rios Acaraú, Aracatiaçu, Banabuiú, Coreaú, Curu, Jaguaribe, Parnaíba, Salgado, Cocó e Ceará, além de pequenos rios e riachos. Sendo o Jaguaribe o principal rio do Estado, presente em três bacias hidrográficas, que juntas correspondem a aproximadamente 54% da capacidade de armazenamento de água do Ceará, cerca de 9,4 bilhões de m³ (IPECE, 2007).

A taxa de esgotamento sanitário urbano refere-se ao percentual de domicílios atendidos com rede coletora de esgoto. Em 2019, 99 municípios cearenses tinham menos 5% dos domicílios atendidos com esse serviço e nenhum município tinha atendimento superior a 84% (Figura 7) (IPECE, 2020).

4.2 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa e exploratória de dados sobre as principais tecnologias de esgotamento sanitário empregadas no mundo. Inicialmente, foi realizado levantamento de informações sobre a situação atual do saneamento no Brasil e no Ceará através dos dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), artigos científicos e sites de órgãos governamentais, apresentando conceitos dos serviços de saneamento básico. Em seguida, foi realizado o monitoramento tecnológico a partir da busca de documentos de patentes obtidos na plataforma *Orbit Intelligence*®.

Figura 8 - Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.1 Base de Dados

O monitoramento tecnológico teve como foco informações disponíveis nos principais bancos de patentes, como o Escritório Europeu de Patentes (EPO), Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO), o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) do Brasil, entre outros. O estudo tecnológico que foi empregado nesse trabalho, se baseou no método utilizado por Barros et al. (2019), o qual utilizou informações oriundas de documentos de patentes, através da ferramenta de busca *Orbit Intelligence*®.

O *Orbit Intelligence*® dispõe de ferramentas de análise estatística e correlacional, permitindo a geração e visualização de gráficos sobre grandes conjuntos de patentes. Os resultados são baseados no impacto da tecnologia, estratégia de mercado, força da patente e valor da patente. O impacto da tecnologia fundamenta-se no número de citações recebidas pelas famílias de patentes analisadas, considerando a idade e o domínio técnico. Os resultados são organizados para que uma família média de patentes tenha pontuação igual a 1, de modo a facilitar a identificação do portfólio que está abaixo ou acima da média. Para a estratégia de mercado é considerado o PIB (Produto Interno Bruto) dos países onde as patentes foram depositadas. A força da patente combina os resultados do impacto da tecnologia e da estratégia de mercado, enquanto o valor da patente baseia-se no número de citações futuras, no PIB dos países de depósito das patentes e na vida restante dessas patentes, para isso o cálculo ponderado considera a vida útil máxima possível restante, atribuindo pontuação média igual a 1, facilitando a identificação de documentos abaixo ou acima da média (QUESTEL, 2021).

4.2.2 Descrição das palavras-chaves e descritores

A metodologia deste estudo consistiu em busca utilizando as palavras-chaves “*sanitation*” e “*wastewater*” como entrada para a plataforma *Orbit Intelligence*®, nos campos títulos e resumo, considerando período de janeiro de 2000 a dezembro de 2018. Não foram considerados nesta pesquisa os anos de 2019 e 2020 devido ao fato que sempre haverá uma lacuna nas informações atuais da patente devido ao atraso de, em média, 18 meses, entre o depósito de um pedido e sua publicação.

4.2.3 Análise dos dados

Os documentos obtidos foram analisados em três níveis: “macro”, “meso” e “micro”. A análise nível “macro” consistiu no estudo documental conforme a série histórica de depósitos, a distribuição por países, por universidades, centros de pesquisa e empresas ligadas ao conhecimento científico e desenvolvimento de tecnologias e parcerias (internacionais).

Na análise nível “meso”, os dados foram agrupados em 28 categorias, de modo a possibilitar a filtragem dos documentos por área de interesse, assim pode-se descartar patentes que não se adequavam a proposta do estudo, como *furniture*, *games*.

Na análise nível “micro” foi realizada a leitura do título e resumo de todos os resultados da busca, a partir desta análise, selecionou-se algumas invenções com bases nas particularidades identificadas, tais como o clima da região em que a tecnologia é empregada, se o sistema é individual ou coletivo e a quantidade de pessoas atendidas. Para auxiliar a análise dos documentos de patentes, utilizou-se a metodologia *tech mining*, a qual é um processo automatizado de análise de grandes bases de dados, descobrindo padrões nos dados e permitindo a criação de modelos precisos, construção e atualização dos modelos em tempo útil, de modo a produzir mais vantagens competitivas considerando o melhor uso dos dados (CUNHA, 2009). Tal metodologia engloba várias fases: a percepção do domínio, a compreensão dos dados, a preparação dos dados, aplicação do algoritmo de *data mining*, a avaliação e uso do conhecimento descoberto (CAETANO, 2013).

Por conseguinte, realizou-se a leitura completa dos documentos selecionados, destacando seus materiais, seu processo de funcionamento, a eficiência em climas quentes (semiárido), os custos de implantação e manutenção, considerando a possibilidade de implantação em municípios cearenses com menos de 50 mil habitantes.

A partir da leitura dos documentos completos, levantados por meio da prospecção tecnológica, identificou-se os dispositivos que mais se adequavam ao objetivo do presente estudo.

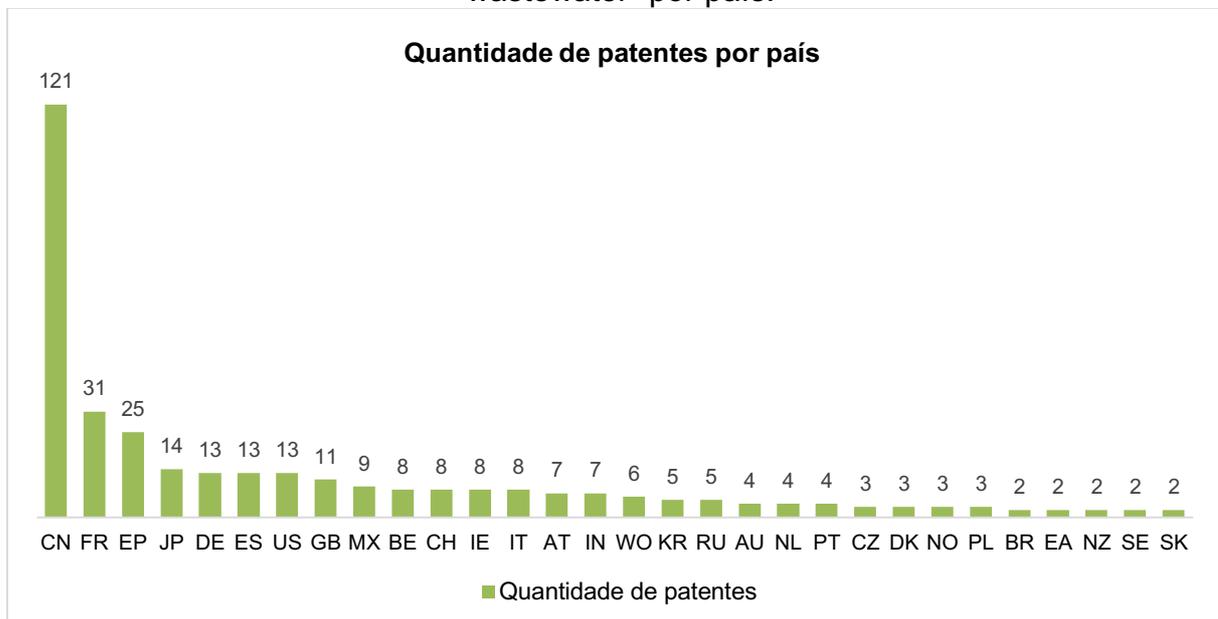
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da busca com as palavras-chaves “*sanitation*” e “*wastewater*”, na plataforma *Orbit Intelligence*®, obteve-se 394 documentos, de janeiro de 2000 a dezembro de 2018.

5.1 Análise macro

Pela análise nível macro das patentes, pode-se observar através da figura 9 a distribuição dos documentos de patentes conforme o país de origem da tecnologia utilizada para o saneamento e água residual. Pelos resultados obtidos, observa-se que a China apresenta quantidade de patentes depositadas expressivamente superior aos demais países, com 121 famílias de patentes. Em seguida, a França e a Organização Europeia de Patentes, com respectivamente, 31 e 25 depósitos. Verifica-se que o Brasil apresenta 2 documentos de patentes depositados na área de conhecimento estudada.

Figura 9 - Quantidade de resultados obtidos com os termos de busca “*sanitation*” e “*wastewater*” por país.

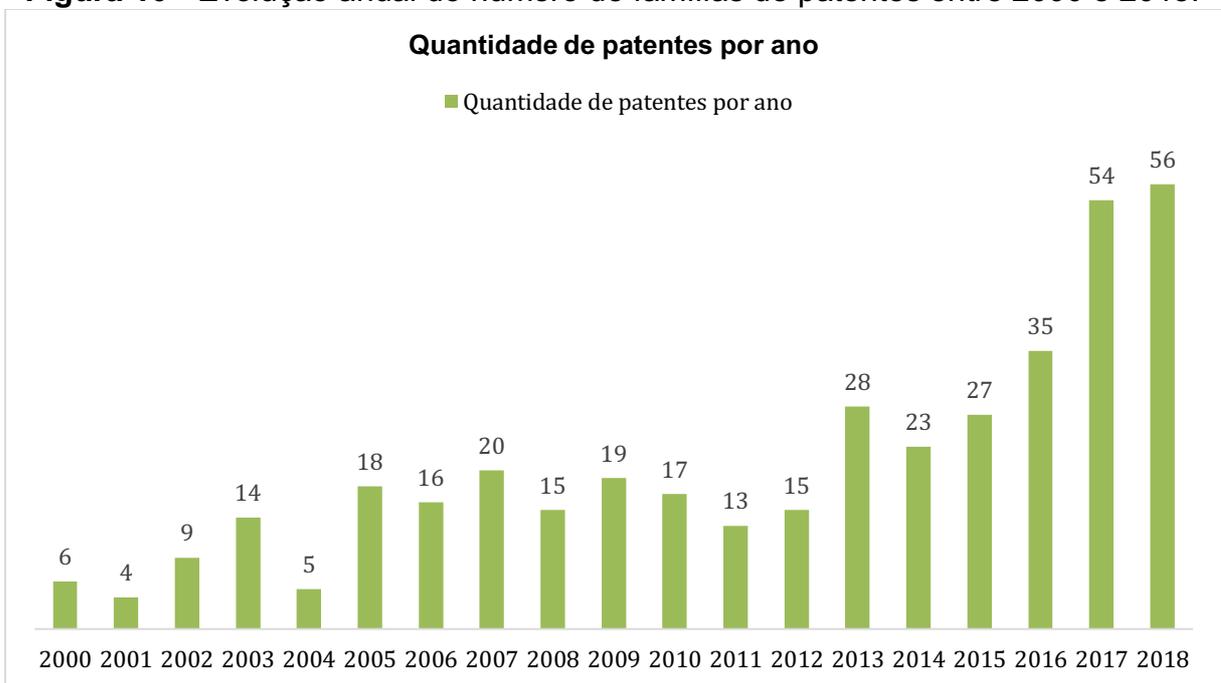


Fonte: (QUESTEL, 2021)

Segundo o Relatório *World Intellectual Property Indicators* (2019), em 2018 a China era responsável por 46,4% das patentes depositadas no mundo. A quantidade expressiva de patentes depositadas pelo país na área de conhecimento analisada, reflete no crescimento do índice de saneamento gerenciados com segurança, o qual passou de 27%, em 2000, para 72%, em 2017, com um crescimento de 45 pontos percentuais em 17 anos (UNICEF/OMS, 2019).

Na Figura 10 ilustra-se a evolução das aplicações ao longo do tempo, indicando a dinâmica da inventividade do portfólio estudado. Com os dados obtidos, observa-se uma ascendência no número de patentes depositadas, principalmente a partir do ano de 2016, indicando que, o mercado está cada vez mais interessado acerca das tecnologias relacionadas ao tema. Existe uma tendência de longo prazo que apresenta o crescimento dos pedidos de patentes de todas as áreas no mundo, em 2018, foram registrados 3,3 milhões de patentes, correspondendo a um aumento de 5,2% em relação ao ano anterior (WIPO, 2019).

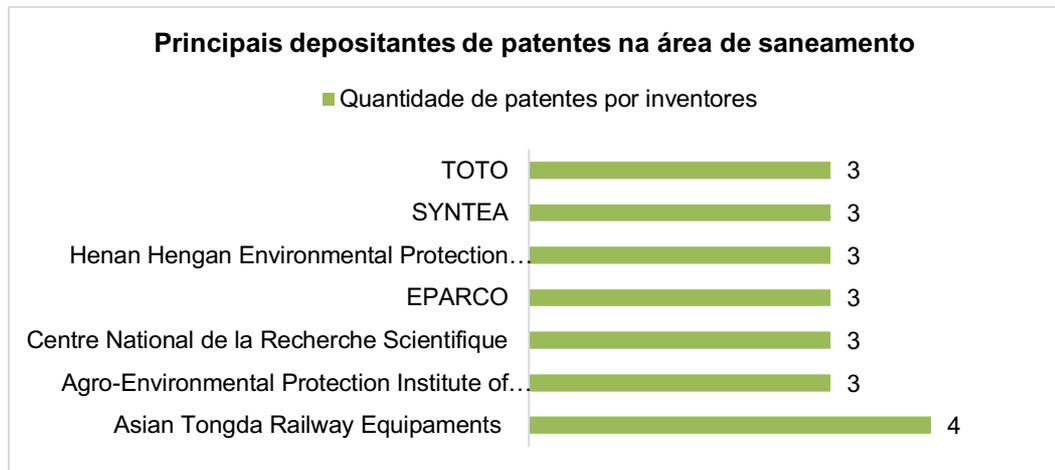
Figura 10 - Evolução anual do número de famílias de patentes entre 2000 e 2018.



Fonte: (QUESTEL, 2021)

Os dados apresentados na Figura 11 são indicadores do nível de inventividade dos depositantes ativos, observa-se os principais inventores por volume do tópico em estudo. Isto representa os requerentes que possuem o maior número de patentes em seus portfólios na área. Observa-se que a *Asian Tongda Railway Equipaments* é a instituição que apresenta maior número de depósitos, com 4 documentos, seguidas da *Agro-Environmental Protection Institute of Ministry of Agriculture*, *Centre National de la Recherche Scientifique*, *EPARCO*, *Henan Hengan Environmental Protection Technology*, *SYNTEA* e *TOTO*, com 3 depósitos.

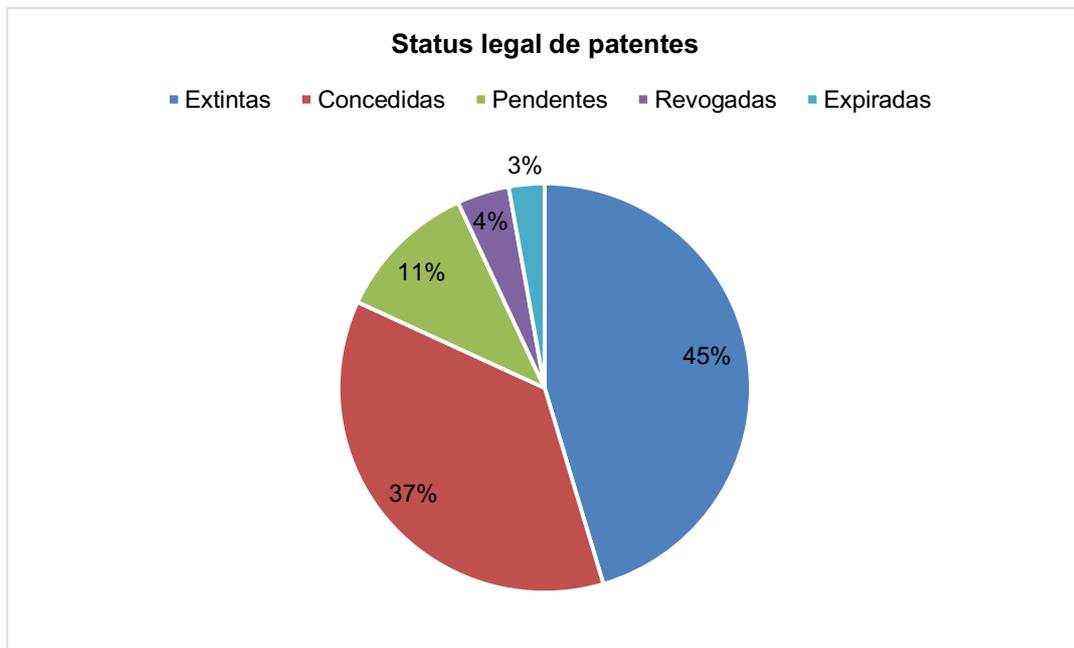
Figura 11 - Principais depositantes de tecnologias relacionadas à saneamento básico e águas residuais



Fonte: (QUESTEL, 2021)

Na Figura 12 pode ser observado o *status* legal das patentes depositadas, pelos resultados obtidos pode-se observar que 45,4% das patentes estão extintas, 36,5% das patentes estão concedidas, 11,2% estão pendentes, 4,1% revogadas e 2,8% expiradas. Ressalta-se que, quando uma patente é extinta, o seu objeto cai em domínio público, isso acontece se expirar seu prazo de vigência, o titular renunciar, ressaltando o direito de terceiros, pela caducidade, pela falta de pagamento da retribuição anual, ou se a pessoa domiciliada no exterior não constituir e manter procurador devidamente qualificado no país de depósito (MENEZES et al., 2018). Em relação as patentes concedidas, não é possível afirmar que estas foram licenciadas.

Figura 12 - Status legal das patentes relacionadas às tecnologias de saneamento básico e águas residuais.

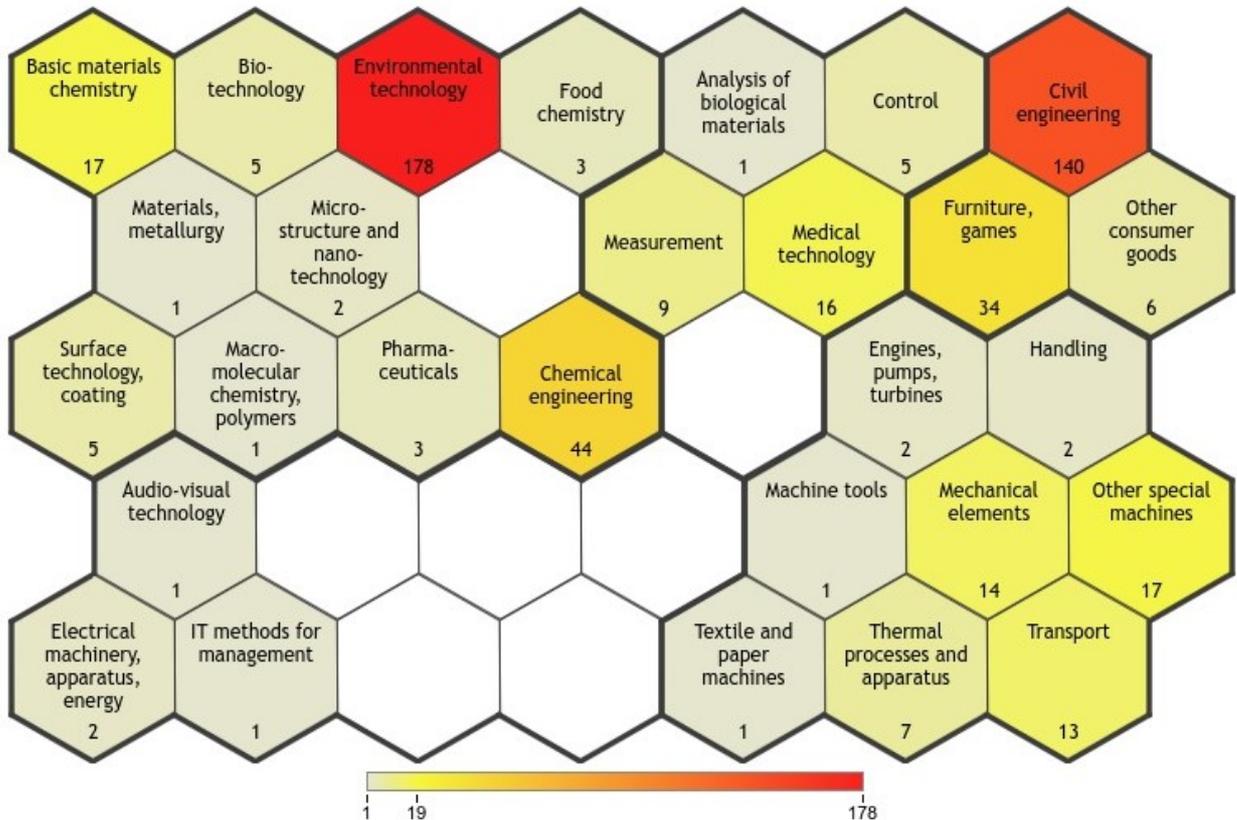


Fonte: (QUESTEL, 2021)

5.2 Análise meso

A análise meso apresenta a categorização dos campos de tecnologia das patentes, baseada nos códigos de Classificação Internacional de Patentes (IPC) contidos em um conjunto de patentes em análise (Figura 13). Os códigos IPC são agrupados em 35 campos de tecnologia com a principal área ou negócio dos inventores que está sendo estudado, possibilitando a identificação de patentes em um domínio e em um campo que pode ter vários usos, além de novos usos para patentes já depositadas. As categorias menos representadas também servem como meio de identificar outras aplicações potenciais. As categorizações por domínio de tecnologia são baseadas em agrupamentos de códigos IPC, portanto, as patentes podem aparecer em várias categorias diferentes (QUESTEL, 2020). As cores quentes indicam os campos de tecnologia com maior quantidade de patentes, assim, verifica-se a predominância para dispositivos de tecnologia ambiental, com 178 resultados e engenharia civil, com 140.

Figura 13 - Aplicações e conceitos de tecnologias relacionadas ao saneamento básico e águas residuais.



Fonte: Plataforma Orbir da QUESTEL (2021)

5.3 Análise micro

Na análise micro, a partir da leitura do título e resumo dos 394 documentos de patentes obtidos na busca, foram selecionadas 20 patentes para realizar a análise da publicação completa, para esta seleção considerou-se o objetivo do sistema, se era do tipo coletivo e facilidade de implantação e manutenção.

Ao analisar os documentos completos, observando as vantagens de cada tecnologia, a possibilidade de implantação em regiões de temperaturas elevadas e os custos de implantação, manutenção e operação, selecionou-se três invenções, ambas desenvolvidas na França (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise Micro – patentes selecionadas

Título	Resumo	Inventores	Data de publicação
1. Dispositivo para saneamento de águas residuais (Figura 14)	O dispositivo é destinado ao tratamento de águas residuais e compreende uma entrada e uma saída para efluentes, um filtro equipado que se estende entre a entrada e a saída, plantas de entrelaçamento, plantas nitrófilas ou plantas procumbentes com raízes ou rizomas plantados no meio, e uma trincheira com fundo vedado	<ul style="list-style-type: none"> • Dirk Esser • Vincent Leboeuf • Christian Pietri 	02/09/2011
2. Dispositivo de saneamento compacto por filtro plantado, em particular do tipo plantado com junco (Figura 15)	O dispositivo compreende um tanque de purificação para receber águas residuais, uma unidade de ventilação disposta no fundo do tanque e coberta por uma camada inferior, e uma plantação incluindo plantas aquáticas, como juncos colocados em uma parte superior do tanque. Composto por três camadas sobrepostas de um material de filtragem na forma de grãos	<ul style="list-style-type: none"> • Jean Voisin • Joelle Paing 	20/07/2012
3. Plantações equipadas para tratamento de efluentes orgânicos por biosanitização (Figura 16)	A invenção trata-se de uma plantação equipada para o tratamento de efluentes consistindo em ilhas, cada ilha sendo disposta em um terreno formando um ou vários planos inclinados que se encontram em uma zona baixa, podendo tratar efluentes orgânicos por biosanitização em uma plantação de bambu	<ul style="list-style-type: none"> • Veronique Arfi-Benayoun • Bernard Benayoun 	12/02/2014

Fonte: Adaptado de (QUESTEL, 2021).

Os dispositivos tratam-se de sistemas de *Wetlands* Construídos, uma ecotecnologia destinada ao tratamento de efluentes de diversos tipos, como industriais, agrícolas e domésticos, que apresenta baixo custo de implantação, operação e manutenção, com boa adaptação em vários cenários, sendo um sistema integrado naturalmente ao ambiente (PELISSARI et al., 2019).

5.3.1 Dispositivo 1

O primeiro dispositivo selecionado foi desenvolvido por Dirk Esser, Vincent Leboeuf e Christian Pietri, depositada em abril de 2008 e disponibilizada ao público

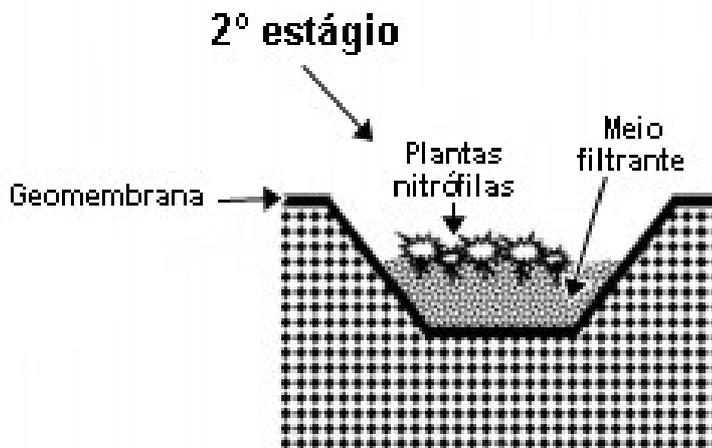
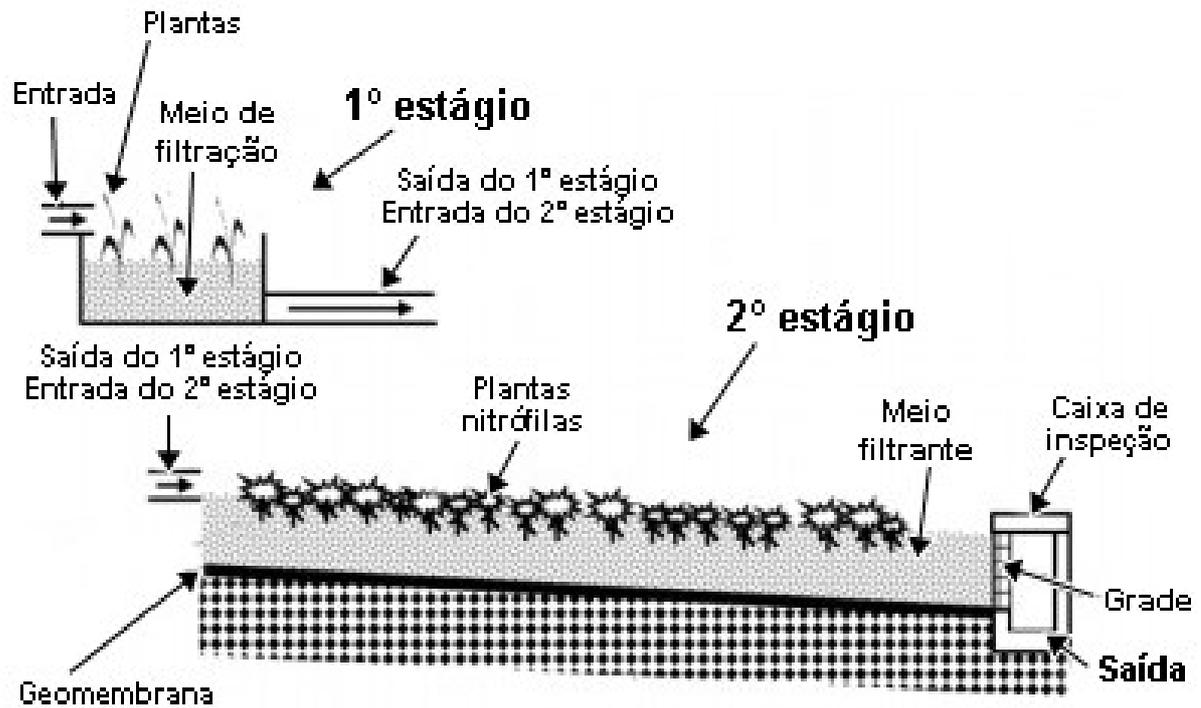
em setembro de 2011, com número de publicação FR2929607, refere-se a uma tecnologia para tratamento de águas residuais através de filtração e degradação orgânica, podendo ser utilizada em sistemas individuais ou coletivos para pequenas ou médias comunidades (ESSER; LEBOEUF & PIETRI, 2011).

A invenção (Figura 14) é constituída por dois filtros, o primeiro combina um tratamento primário com o início do tratamento secundário, consistindo o primário na filtração física e estabilização aeróbia da matéria suspensa filtrada e o secundário na degradação da poluição dissolvida no interior do filtro.

O primeiro filtro recebe os efluentes da rede coletora através da tubulação de entrada, em seguida o esgoto passa por um meio de filtração composto por plantas, como o *Eleocharis sp.* (junco) que apresenta grande potencial de remoção de poluentes do esgoto, e um material granular composto de camadas de diferentes granulometrias aumentando a espessura das partículas de cima para baixo, geralmente a camada superior de cascalho tem entre 0,40 e 1,00 m de espessura e granulometria de 1 a 10mm, podendo incluir uma ventilação intermediária que consiste em drenos equipados com fendas voltadas para baixo, as camadas seguintes tem cerca de 0,2 m de espessura, com grãos de até 60mm. Em seguida a água residual é drenada para um tubo localizado na parte inferior da parede oposta a entrada do primeiro filtro, passando para o segundo filtro que é inclinado para baixo em direção a saída, constituído de uma trincheira de comprimento mínimo igual a dez vezes o tamanho de sua largura, com fundo impermeabilizado com uma geomembrana, sobre a qual repousa o meio filtrante de plantas nitrófilas entrelaçadas, rastejantes ou rizomas e de material granular mais fino do que o material do primeiro filtro, iniciando com uma camada de areia com granulometria de até 6 mm, com espessura entre 0,2 a 0,4 m, permitindo a oxigenação do sistema. A próxima camada deve ter espessura entre 0,10 e 0,40 m, e granulometria de até 10mm, abaixo desta deve haver mais camadas com até 60mm.

A saída dos efluentes tratados pode ser feita por meio de uma caixa de inspeção de concreto tradicional, equipada com uma tampa superior para monitoramento, a entrada dos efluentes na caixa se dá através de uma grade disposta em uma das laterais do tanque.

Figura 14 - Dispositivo para saneamento de águas residuais



Fonte: Adaptado Esser; Leboeuf e Pietri (2011).

Atualmente, o dispositivo é produzido pela empresa francesa Syntea, a qual foi precursora na utilização de vegetais para o saneamento de águas residuais domésticas. Cada projeto deste dispositivo desenvolvido pela empresa é objeto de um estudo aprofundado para definir as restrições dos locais e necessidades dos clientes, considerando compactação, desempenho de purificação, recursos disponíveis, clima e reutilização. Esse sistema de tratamento permite reduzir as concentrações de demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO), matéria suspensa, Nitrogênio Kjeldahl Total (NTK) e Fósforo total (Tabela 5). O sistema de tratamento de efluentes por filtros plantados ofertado pela

Synteia está presente em municípios da França, Espanha, Marrocos e Guiana Francesa, atendendo comunidades de até 6000 habitantes (SYNTEA, 2021).

Tabela 5 - Concentrações após o tratamento

Parâmetros	Concentração (mg/L)
DQO	< 70
DBO ₅	< 15
Matéria suspensa	< 15
NTK	< 10
Fósforo Total	< 1

Fonte: SYNTEA (2021)

O dispositivo 1 trata-se de um wetland construído (WC) de fluxo vertical com dois estágios de tratamento, conhecido como sistema francês. Silva (2017) analisou a operação de um WC experimental do modelo francês, na ETE de Mangabeira, em João Pessoa – PB, o sistema era composto por três células de tratamento em paralelo, alimentadas na primeira fase em ciclos de três semanas, sendo cada célula alimentada durante uma semana e descansando por duas, já na segunda fase, cada área trabalha 3,5 dias e descansa uma semana. Com capacidade para tratar 900 litros de efluentes por dia, cada célula possui 2,5 m² de área, profundidade de 140 cm, sendo 120 cm de material filtrante e 20 cm para camada de lodo e lâmina d'água variando entre 38 e 140 cm. A espécie de planta utilizada foi a *junciforme*, conhecida popularmente como junco. O sistema foi monitorado por 19 semanas. O tratamento apresentou resultados adequados na remoção de DBO₅, DQO e Nitrogênio Amoniacal (Tabela 6).

Tabela 6 - Remoção média no tratamento do wetland construído na primeira e segunda fase

Item	Primeira Fase		Segunda Fase	
	Esgoto Bruto	Eficiência (%)	Esgoto Bruto	Eficiência (%)
DBO	286,30	82,65	366,80	89,93
DQO	412,91	71,96	841,43	75,59
Nitrogênio amoniacal	10,10	80,09	11,24	81,84

Fonte: Adaptado de Silva (2017).

5.3.2 Dispositivo 2

A segunda invenção selecionada trata-se de um dispositivo que visa melhorar a eficiência do tratamento de águas residuais, obtendo um tratamento equivalente ou melhorado em um único estágio em sistemas de saneamento coletivo, além de reduzir a área da superfície destinada a ETE. Este equipamento foi desenvolvido por

Jean Voisin e Joelle Paing, sendo depositada em março de 2009 e publicado em julho de 2012, com o registro número FR2942791 (PAING & VOISIN, 2012).

O dispositivo de saneamento compacto por filtro plantado, em particular do tipo plantado com junco (Figura 15) é adequado para sistemas individuais e coletivos, possibilitando a redução da área de superfície, sendo necessário cerca de 1,2 m² por habitante, em sistemas deste tipo, geralmente, são utilizados 2 m² por habitantes, proporcionando, conseqüentemente, menores custos de implantação e operação.

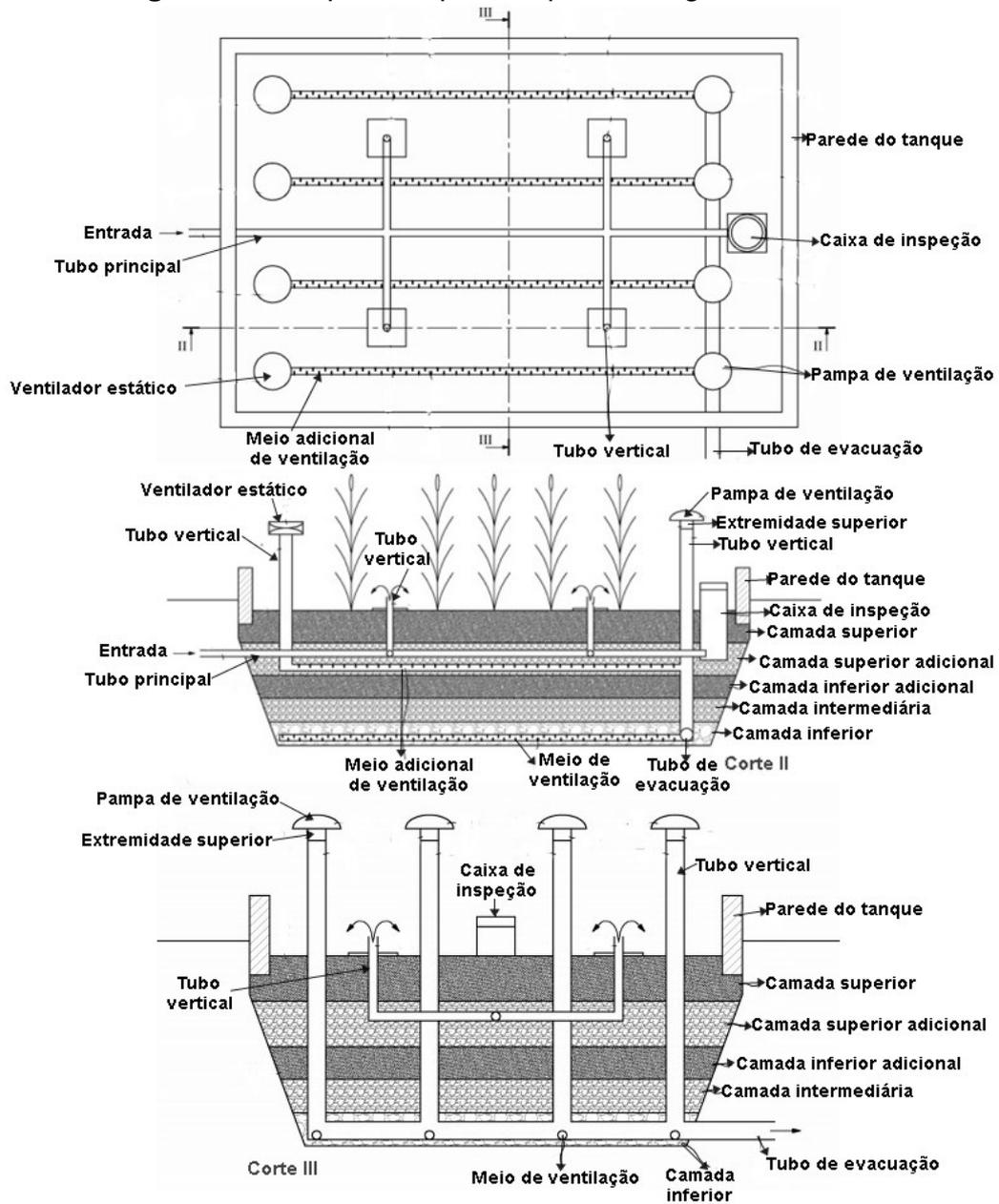
O equipamento é constituído por um tanque de purificação projetado para receber águas residuais, este deve ter pelo menos três camadas filtrantes de grãos, sendo a camada inferior com granulometria predeterminada, a camada intermediária com granulometria menor que na camada inferior, e a camada superior com partículas menores que na camada intermediária, entre 2 e 4mm e espessura entre 20 e 40 cm. O sistema de purificação também compreende uma camada inferior adicional, localizada entre as camadas intermediária e superior, com granulometria de até 4 mm, sendo menor que a da camada intermediária, e uma camada superior adicional, localizada entre a camada superior e a inferior adicional, com grãos de tamanho maior que a camada superior e menor que da camada inferior convencional, com um meio adicional de ventilação. Pelo menos uma das camadas deve ser de material poroso capaz de promover o desenvolvimento de microrganismos, preferencialmente a camada superior e/ou a camada adicional inferior.

Os efluentes chegam ao sistema pela entrada, passando pelo tubo principal, o qual está enterrado no tanque e conectado aos tubos verticais, estes têm abertura a uma altura maior que o tanque para que os esgotos que saem do tubo possam se espalhar pela superfície do sistema.

No fundo do tanque de purificação deve estar disposto um meio de ventilação, como um tubo equipado com aberturas para permitir a passagem de ar em ambas as direções e/ou água, este deve ser coberto pela camada inferior, fornecendo oxigênio necessário para as bactérias. Na camada superior adicional deve haver um meio de ventilação adicional conectado a um tubo vertical, formando um duto de ventilação, que também está conectado ao meio de ventilação principal e a extremidade superior, formando uma chaminé de aeração. O tubo vertical é equipado com uma pampa de ventilação. Na outra extremidade do tubo adicional de

ventilação, deve ser instalado um segundo tubo vertical, formando um duto de ventilação, com extremidade superior localizado a uma altura maior que a borda superior do tanque, dispondo de um ventilador estático.

Figura 15 - Dispositivo para limpeza de águas residuais



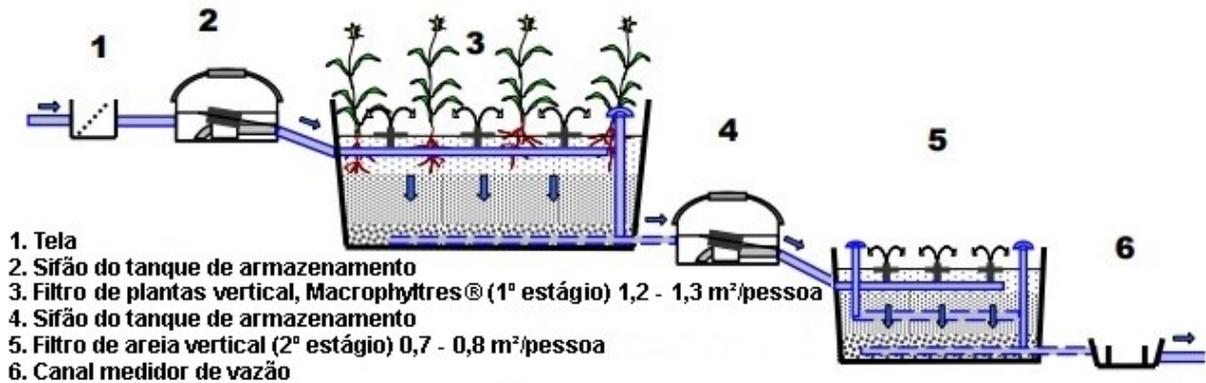
Fonte: Adaptado Paing e Voisin (2012).

Na parte superior do tanque de purificação inclui-se uma plantação de espécies aquáticas, as quais permitem a absorção da água pelas raízes e eliminação por evapotranspiração, as secreções de raízes que favorecem a floculação de matéria orgânica, os movimentos mecânicos do rizoma, o transporte de oxigênio de folhas em direção às raízes, etc. O dispositivo também pode incluir

uma caixa de inspeção montada na extremidade do tubo principal. As paredes do tanque podem ser de polipropileno ou concreto. Após tratados os efluentes saem do sistema pelo tubo de evacuação, podendo ser encaminhada a um corpo hídrico receptor.

Para aumentar a capacidade do sistema pode-se prever a utilização de mais tanques de purificação montados em paralelo na direção de circulação do esgoto, podendo ser usado alternativamente, para ter fases de repouso, possibilitando a degradação dos compostos acumulados e reoxigenação de cada tanque. Os inventores do dispositivo 2, Paing e Voisin, publicaram em 2005 um estudo que, possivelmente, serviu de base para elaboração do dispositivo para limpeza de águas residuais. No estudo foram observadas 20 estações de tratamento de águas residuais construídas entre 1998 e 2003 na França, com capacidade de atender entre 150 e 1400 pessoas, a maioria dos dispositivos era alimentada por sistemas de esgoto separados e tratavam principalmente esgoto doméstico, todas as estações seguiram o mesmo projeto (Figura 16). O tratamento iniciava com uma tela para reter partículas maiores que 32 mm, em seguida os efluentes passavam para um tanque de armazenamento com sifão de escorvamento automático, em terrenos sem declive o sifão foi substituído por bombas. O esgoto era encaminhado para a etapa principal do tratamento constituída por três ou seis filtros verticais, operados em paralelo, chamados de Macrophyltres®, estes eram dimensionados considerando de 1,2 a 1,3 m² de área do filtro para cada pessoa, compostos por camadas de material filtrante de diferentes granulometrias (Grãos menores na superfície e maiores no fundo do filtro), com um sistema de alimentação e tubos de PVC com várias saídas permitindo uma distribuição das águas residuais em toda a área, com um sistema de drenagem em rede de tubos de PVC perfurados localizados na parte inferior e conectados a tubos de ventilação para aeração, e com plantas da espécie *Phragmites australis*. A segunda etapa do tratamento foi constituída por dois ou três filtros de areia de fluxo vertical, operados em paralelo, projetados na proporção de 0,7 a 0,8 m² por pessoa, semelhante a etapa principal, no entanto, foi adicionado um tubo perfurado no meio do filtro para melhorar a aeração da camada de areia e o plantio da vegetação era opcional, devido ao papel não significativo das plantas neste estágio.

Figura 16 - Estação típica de tratamento de águas residuais com filtros verticais (Macrophytires®)



Fonte: Adaptado Paing e Voisin (2005)

Após a operação dos dispositivos por 4 a 57 meses, Paing e Voisin (2005) concluíram que o primeiro filtro vertical do sistema permite alta remoção de Sólidos suspensos, DBO e DQO, em média 96%, 98% e 92%, respectivamente; o segundo filtro atinge facilmente os seguintes resultados Sólidos Suspensos <15 mg/l, DBO <15 mg/l, DQO <90 mg/l e NTK <10 mg/l, mas com alguns picos <20 mg/l. Os desempenhos não foram influenciados por variações sazonais, nem por variações da carga orgânica e hidráulica (entre 20% e 330% da capacidade projetada), no entanto para obtenção de tais resultados foram necessárias operação e manutenção rigorosas.

Buscando um sistema mais compacto, os autores desenvolveram o dispositivo para limpeza de águas residuais mostrado na figura 15, que reúne, em um único filtro, os componentes dos dois filtros do sistema apresentado na figura 16, considerando os resultados obtidos no estudo das 20 estações de tratamento de esgoto.

O dispositivo 2 trata-se de um *wetland* construído de fluxo vertical (WCFV). Trein (2015) avaliou a potencialidade de dois wetlands desse tipo no pós tratamento de efluente primário, em Santa Catarina, o primeiro sistema operou com vazão média de 12,2 m³/d e taxa hidráulica de 130 mm/d, tendo área superficial de 94,5 m² e 7 alimentações diárias. O segundo operou com vazão média de 18,1 m³/d e taxa hidráulica de 12 mm/d, com área superficial de 1.561 m² e em média 4 alimentações diárias. Foi realizado o monitoramento hidráulico e físico-químico, dos sistemas por 20 meses. Com valores médios de carregamento no primeiro sistema de 43 g de DBO/m². d, 87 g DQO/m². d e 13 g SS/m².d., e no segundo sistema, 0,96 g DBO/m².

d, 2 g DQO/m². d e 0,3 g SS/m².d., obtendo resultados esperados para sistemas avançados de tratamento de esgotos (Tabela 6), sendo o desempenho do tratamento dependente das condições hidráulicas, da taxa de carregamento, do tempo de detenção hidráulica e do modo de alimentação. Tais sistemas são uma alternativa de grande potencial para tratar esgotos domésticos sob o contexto da descentralização.

Tabela 6 - Eficiência de remoção no tratamento do wetland construído de fluxo vertical

Item	1º sistema	2º sistema
DBO	88%	97%
DQO	75%	93%
Sólidos suspensos	83%	94%
Nitrogênio amoniacal	47%	93%
Fósforo ortofosfato	63%	93%
Coliformes termotolerantes	0,99 unidade log	2,04 unidades log

Fonte: Adaptado Trein (2015).

5.3.3 Dispositivo 3

As plantações equipadas para o tratamento de efluentes orgânicos por biossaneamento foram desenvolvidas por Veronique Arfi-Benayoun e Bernard Benayoun, publicado em 2005 com registro número EP1492733B1. A invenção tem o objetivo de proporcionar uma solução para o tratamento de efluentes orgânicos por biossanitização, apresentando custos de instalação e operação reduzidos, diminuindo de 90 a 100% o fósforo e nitrogênio presente nos esgotos, com mínimos riscos de contaminação e preservação da paisagem (ARFI-BENAYOUN & BENAYOUN, 2005).

A invenção pode ser utilizada em sistema coletivo para comunidades com até 10 mil habitantes, em tratamento completo ou em tratamento terciário. A tecnologia consiste em ilhas, cada ilha disposta em um terreno formando um ou mais planos inclinados, encontrando-se em uma zona baixa, a inclinação dos planos é determinada de acordo com a permeabilidade do solo. A plantação compreende pelo menos uma espécie vegetal capaz de extrair matéria poluente através de suas raízes, tais como: *Populus deltoides*, *populus trichocarpa*, *un hydride de P. deltoides et P. trichocarpa*, *Salix viminalis*, *Salix exigua*, *Salix lucida*, *Salix eriocephala*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus amplifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Phragmites australis*, *Sagittaria rigida*, *Sagittaria latifolia*, *Typha latifolia*, *Scirpus acutus*, *Scirpus*

americanus, *Hibiscus spp*, *Nuphar luteum*, *Lemna spp.*, *Potamogeton pectinatus*, *Juncus effusus*. Além das espécies citadas, destaca-se o bambu com suas propriedades fisiológicas vantajosas e interessantes para a utilização em bio-saneamento, como a atividade fotossintética contínua, bom desempenho contra problemas aerossóis e odores, se adapta a qualquer tipo de solo e o seu sistema radicular muito denso e raso (raízes + rizoma) favorecem a infiltração de efluentes.

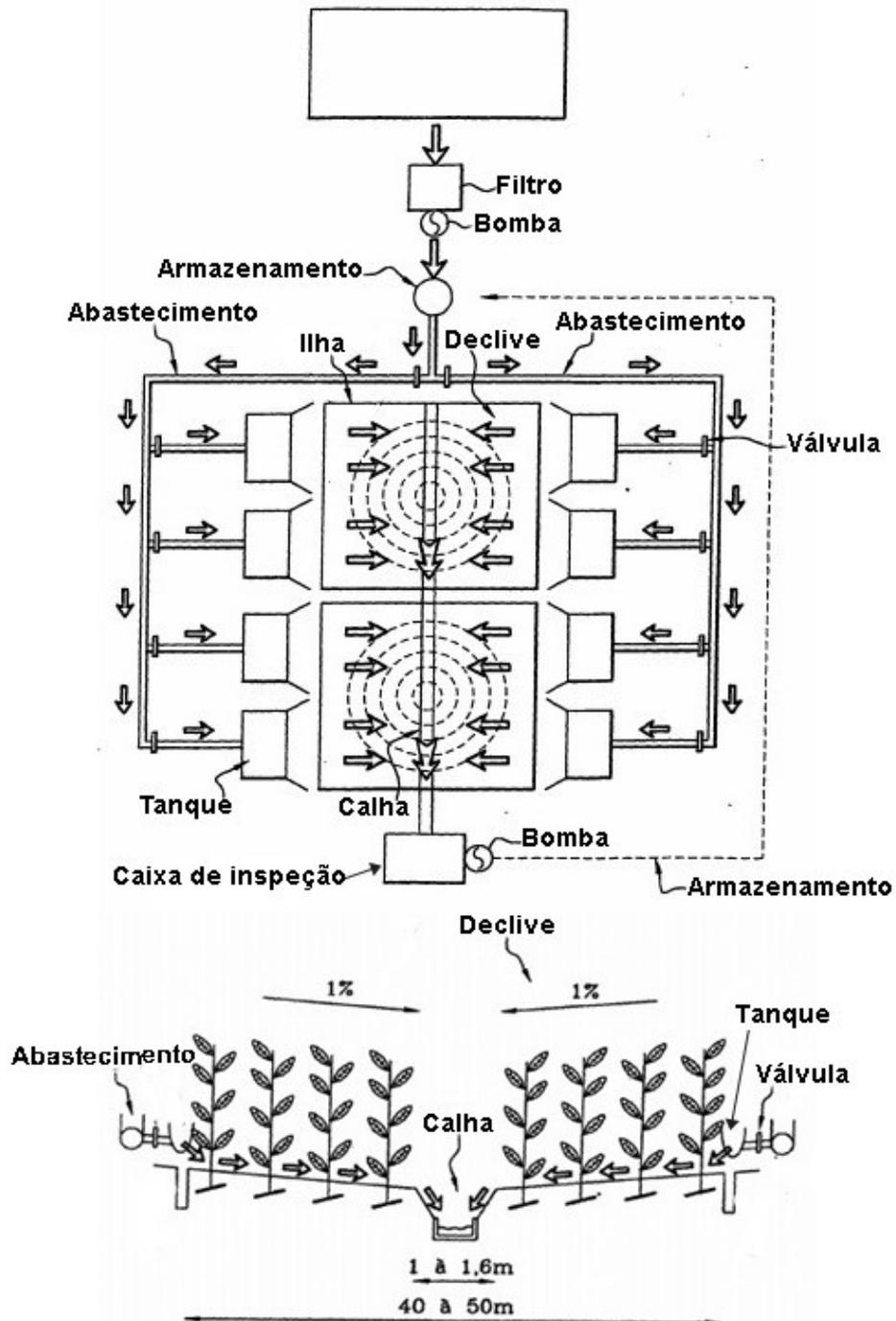
A tecnologia inclui um sistema de abastecimento de efluente nas áreas altas, um coletor na zona inferior para recuperação de efluentes não infiltrados e, quando necessário, um dispositivo de bombeamento de efluentes que não tenham se infiltrado e drenado pelo coletor para seu reprocessamento.

As espécies plantadas na área de alta densidade, localizada na parte central da ilha, onde ocorre absorção máxima de efluentes, devem permitir alta densidade populacional e ser na proporção de uma espécie por círculo, e as espécies plantadas nas regiões periféricas de cada ilha, denominadas zonas de abastecimento, devem ter tamanho médio na maturidade maior que as espécies utilizadas na parte central do sistema. O emprego de uma ou mais espécies possibilita o tratamento de efluentes em diferentes estações do ano, tendo em vista a reação das espécies a variação climática.

Na figura 17 pode-se observar as características da invenção e suas etapas de funcionamento para o tratamento de efluentes de indústrias agroalimentares. O processo de tratamento inicia-se com a filtração dos efluentes, em seguida, estes são bombeados para uma cisterna de armazenamento, para permitir a manutenção e por razões de segurança recomenda-se a implantação de um tanque de apoio. No fundo do tanque, uma válvula permite que o efluente flua através de um tubo de PVC ou canal de concreto em forma de U, o abastecimento do efluente é dividido em duas linhas, cada linha com uma válvula, uma deve está fechada e outra aberta, assim as águas residuais fluem para o ramo disponível, o qual é equipado com várias válvulas do mesmo tipo controlando os ramos secundários que terminam em um tanque que se enche, uma vez cheio, um bulbo de nível controla o fechamento da válvula do primeiro sub-ramal, permitindo o fluxo de águas residuais para o próximo sub-ramal, e assim sucessivamente nos demais sub-ramais. O tanque esvazia-se em uma lâmina de distribuição, permitindo a inundação das ilhas plantadas. No final do primeiro ramal principal é acionado o fechamento da válvula da primeira fileira e a abertura da segunda, os efluentes são, então, enviados para a

outra fileira que funcionará como a primeira. A inclinação do dispositivo deve ser projetada para que o sub-ramal seja mais íngreme do que o ramal principal, o qual deve ter no mínimo 0,5% de inclinação. As águas residuais fluem para a calha central e infiltra na plantação à medida que avança no sistema até a calha, que deve ter no máximo 10 cm de efluentes em condições normais.

Figura 17 - Plantações equipadas para tratamento de efluentes de indústrias agroalimentares



Fonte: Adaptado de Arfi-Benayoun & Benayoun (2005).

Cada ilha é atravessada por uma calha central na zona inferior do sistema, o declive em cada lado da calha deve ser menor que 1%. A calha deve ter entre 20 e 50 cm de largura, está a – 1 m do nível do terreno natural, ser concretada na parte inferior e após concretada, deve estar até -0,8 m do nível do terreno natural. A base de concreto possibilita a recuperação e o fluxo de água para uma caixa de inspeção, na qual uma bomba permite que as águas residuais sejam devolvidas ao tanque de armazenamento. A calha central permite que o terreno seja drenado, evacuando o excesso de água e dessaturando o solo, para isso cada ilha deve ter raio menor que 25 m. O sistema deve ter no mínimo duas ilhotas, permitindo intervenções em uma ilha enquanto a outra opera normalmente. Cada ilha deve ser circundada por uma barreira de rizoma, tipo polietileno de alta densidade instalada a uma profundidade de 70 cm.

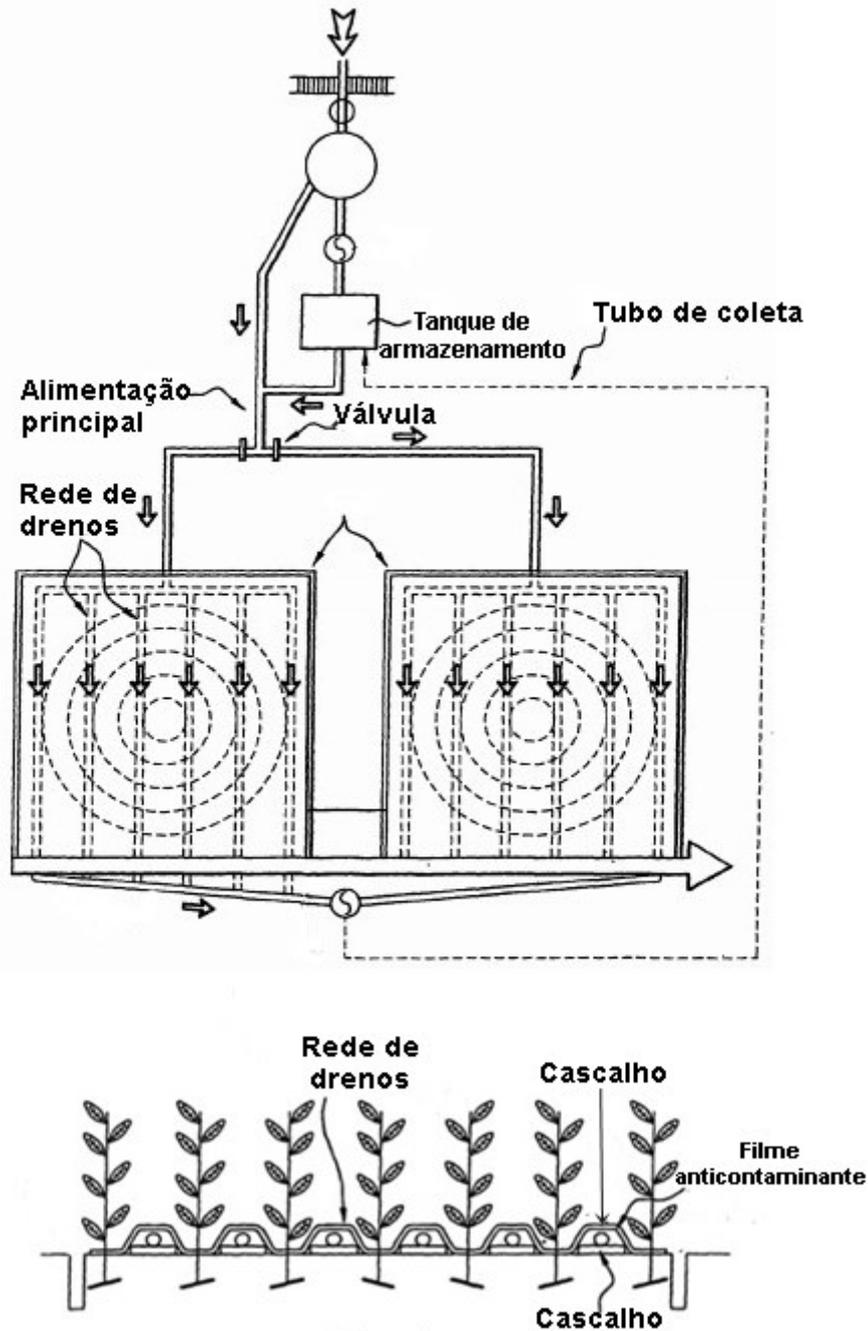
Em solo arenoso uma única calha central não é suficiente, tendo em vista a permeabilidade do solo, que promove a percolação dos efluentes, assim um sistema mais extenso deve ser instalado.

Na figura 18 observa-se o sistema para tratamento de águas residuais caracterizado pela produção diária e contínua e pela presença de micro-organismos de origem fecal, neste caso, o dispositivo inclui uma rede de drenos superficiais. A tubulação de alimentação do sistema pode ser de PVC ou aço galvanizado. A alimentação principal do setor de pré-tratamento é dividida em pelo menos duas filas, que podem operar de forma simultânea ou alternadamente por abertura de válvula. Cada linha alimenta uma rede de drenos, os quais operam simultaneamente. São colocados ralos de PVC com diâmetro mínimo de 50 mm no solo em uma camada com alguns centímetros de cascalho, espalhado sobre um filme anticontaminante, o qual evita que as raízes subam através do ralo. Os ralos também devem ser cobertos por uma camada de cascalho de 10 cm de espessura para sua proteção. Os drenos são colocados entre as fileiras das plantas, com aproximadamente 2 m de distância entre os drenos.

A inclinação do terreno é definida de acordo com a permeabilidade do solo. Quando o solo estiver saturado, o efluente tenderá a escoar pelo ralo, sendo encaminhado por um tudo de coleta de volta para o tanque de armazenamento. Para evitar que a água da chuva infiltre no solo, deve ser colocada entre as plantas uma lona plástica, dessa forma a água da chuva escoar. O espaçamento entre os círculos de plantas deve ser de 2 m. Do ponto de vista hidráulico 1 hectare pode ser

suficiente para uma população de 1000 habitantes, no entanto quando é necessário remover o nitrogênio e o fósforo são preferíveis de 4 a 5 hectares em um único tratamento após o pré-tratamento, já para o tratamento terciário são preferíveis de 2 a 3 hectares, ambos com cerca de 1500 plantas por hectare.

Figura 18 - Plantações equipadas para tratamento de efluentes domésticos

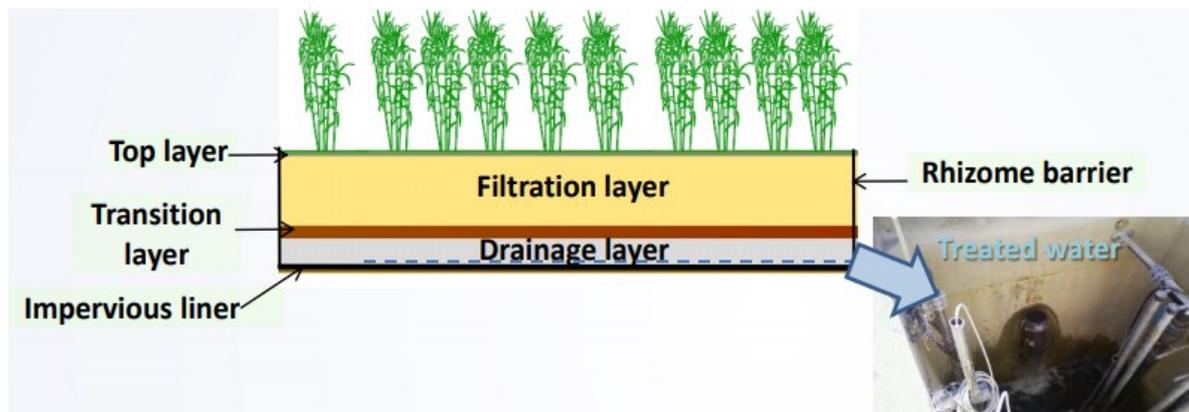


Fonte: Adaptado de Arfi-Benayoun & Benayoun (2005).

As plantações equipadas para o tratamento de efluentes orgânicos por bio-saneamento foram denominadas de *Bambou-Assainissement® technology*, sendo produzidas pela empresa Phytorem, criada em 2002, na França, pelos inventores do

dispositivo, o qual foi desenvolvido, inicialmente, para tratar efluentes agrícola e doméstico, foi validado pela Agência Francesa de Águas para efluente de vinícola e águas residuais de moinho de azeite, em 2004 e 2009, respectivamente. Em 2005, a tecnologia começou a ser comercializada no país de origem, sendo adaptada em 2009, para o tratamento de efluentes da indústria de alimentos (PANFILI, 2012).

Figura 19 - Bambou-Assainissement® technology



Fonte: Panfili (2012)

A *Bambou-Assainissement® technology* pode ser empregada em cidades de pequeno ou grande porte, com possibilidade de utilização em comunidades rurais. Esta tecnologia está funcionando na Costa do Marfim, França, Brasil, Israel e Marrocos (BENAYOUN, 2019). A tecnologia consegue reduzir a DBO₅, a DQO e os sólidos solúveis totais, em 97%, 94,5% e 98,3%, respectivamente. Além disso, o bambu consegue remover do solo entre 550 e 600 kg/ha/ano de nitrogênio e de 200 a 250 kg/ha/ano de fósforo, podendo ser dimensionado para não sobrar efluentes ao final do tratamento, os custos dessa tecnologia são 20% a 30% menores que o investimento inicial em tratamento convencional, e nas mesmas condições de uso o custo é no mínimo 30% inferior ao de uma unidade de tratamento convencional (RODRIGUEZ et. al, 2011).

5.4 Análise dos níveis macro, meso e micro

As análises níveis macro, meso e micro dos 394 documentos obtidos na ferramenta de busca *Orbit Intelligence®* mostraram que há um crescimento no número de patentes depositadas nos últimos anos relacionadas ao saneamento e águas residuais, o que reflete no aumento do índice de saneamento administrado de forma segura. Verificou-se que o Brasil tem apenas duas patentes registradas na

área de estudo, no entanto existem muitas tecnologias já consolidadas em outros países com características semelhantes ao Brasil que podem ser empregadas no país.

Foram selecionados três modelos de *Wetlands* construídos (WC) que podem ser utilizados no Ceará e demais estados brasileiros. Os estudos da utilização de WC para o tratamento de efluentes iniciaram na década de 1950, na Alemanha, pela bióloga Dr^a Kathe Siedel, já no Brasil pesquisas vêm sendo desenvolvidas desde a década de 1980, iniciando com a construção de um lago artificial nas proximidades de um córrego altamente poluído, em Piracicaba – SP, como os resultados do estudo foram satisfatórios, o sistema foi sendo aprimorado, buscando aumentar sua eficiência e reduzir os investimentos (BRITO, 2017).

No Ceará, a Secretaria das Cidades do Estado propôs, em 2017, a readequação do Centro de Reuso da Companhia de Água e Esgoto de Ceará - CAGECE, instalada na ETE do município de Aquiraz – CE, o projeto inclui uma área para pós-tratamento com *wetland*, a qual será executada pela CAGECE com o apoio da Universidade Federal do Ceará – UFC e apoio financeiro da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, com previsão de início da obra para 2021. O projeto busca expandir trabalhos técnico-científicos, disseminação, treinamento e conscientização da prática de reuso de águas (CAGECE, 2020). Diante da escassez hídrica vivenciada pela maioria dos municípios cearenses e da qualidade do solo para a agricultura, sistemas de reuso de efluentes após tratamento adequado podem ampliar a produtividade dos agricultores.

Os WC podem ser utilizados como sistemas descentralizados e centralizados, considerando a área *per capita* necessária para a implantação dos dispositivos selecionados podem chegar a 1,3 m², em municípios de médio porte e/ou municípios com relevo irregular que necessitam de maiores investimentos na coleta de esgoto, podem ser adotados sistemas descentralizados, com mais de um WC, e em municípios de pequeno porte podem ser utilizados como sistemas centralizados.

Segundo Trein (2015), os WC apresentam eficiência compatível com outras tecnologias de tratamento de efluente em nível secundário e avançado, quando projetados e operados adequadamente. Silva (2007) afirma que, os custos de implantação dos WC variam com o tamanho e a disponibilidade de material no local, podendo ser de 50 a 90% menores que os sistemas convencionais de tratamento de efluentes, além de custo de operação muito baixo.

Segundo estudo realizado por Lima (2016), o qual analisou publicações sobre o uso de WC no Brasil para tratamento de esgoto sanitário, os monitoramentos realizados foram em sistemas de pequeno porte, precedidos de processos de tratamento já consagrados, e tratando efluentes de pequenas comunidades ou pequenos estabelecimentos, todas as publicações avaliadas apresentaram reduções das concentrações de poluentes e nutrientes e atenderam os parâmetros da legislação vigente (Resolução CONAMA nº 430/2011), assim como os três dispositivos selecionados.

A pouca divulgação dos parâmetros de dimensionamento dos sistemas de tratamento alternativo de esgoto, adaptados as condições climáticas brasileiras, pode ser responsável pela pequena quantidade desses sistemas disponíveis em operação, considerando suas vantagens (RODRIGUEZ et al., 2011). Diante disso, verifica-se a necessidade da divulgação dos parâmetros dos efluentes antes e depois do tratamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo prospectivo baseado nos documentos de patentes publicados entre janeiro de 2000 e dezembro de 2018, foi possível observar que houve um crescimento considerável no número de depósitos de patentes, principalmente, a partir de 2016. Verificou-se que China é o país com maior número de patentes na área de saneamento e foi o país com maior crescimento no índice de saneamento gerenciados com segurança, crescendo 45 pontos percentuais entre os anos de 2000 a 2017.

Apesar de a China ser o país com a maior quantidade de patentes, selecionaram-se três dispositivos franceses, tendo em vista a possibilidade de utilização no tratamento de efluentes em municípios de pequeno e médio porte de regiões que apresentam altas temperaturas e sol pleno, como é o caso do semiárido brasileiro, clima predominante na maior parte do Estado do Ceará. Tais dispositivos tratavam-se de *wetlands* construídos que poderiam utilizar espécies vegetais adequadas ao clima da região, além disso, os inventores afirmaram que os dispositivos apresentavam baixo custo de manutenção e implantação.

Os dispositivos selecionados atenderam os padrões de qualidade de efluentes após tratamento estabelecido pela legislação vigente. Os dispositivos 1 e 2 podem ser utilizados como sistemas centralizados ou para auxiliar os sistemas existentes. Já o dispositivo 3, pode ser utilizado como um sistema complementar em regiões da cidade que possuem relevo que dificulta o transporte de efluentes.

Verificou-se a ausência dos parâmetros da qualidade dos efluentes que foram tratados nesses dispositivos, bem como em outros estudos publicados. Então, recomenda-se a elaboração de sistemas para realização de testes antes de adotar os dispositivos para tratamento de efluentes.

No município de Aquiraz-CE será construído um *wetland* o qual será monitorado pela CAGECE com o apoio da UFC, com a comprovação dos resultados positivos o sistema poderá ser implantado nos demais municípios cearenses.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. C. de. Prospecção tecnológica aplicada na otimização da concessão de patentes no Brasil: estudo de caso em patentes de medicamentos imunossupressores. **Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia**, 2017. 342 p.

ALEC. Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Pacto pelo Saneamento Básico: Iniciando o Diálogo**. Ceará, 2019. Disponível em: <http://al.ce.gov.br/index.php/pacto-saneamento-basico>. Acesso em: 02 mar. 2021.

ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v.25, n.10, p.3857-3868, 2020.

ALVES, A. C. de M.; DOS SANTOS, J. C. M.; SILVA, J. N. Estudo do monitoramento das aplicações tecnológicas da *prosopis juliflora* (Algaroba). **Cadernos de Prospecção**, v.12, n.2, p.374, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Novo Marco do Saneamento entra em vigor e deve trazer avanços econômicos, na saúde e no meio ambiente em todo o País**. 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/novo-marco-do-saneamento-entra-em-vigor-e-deve-trazer-avancos-economicos-na-saude-e-no-meioambiente-em-todo-o-pais>. Acesso em: 7 jan. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano Nacional de Saneamento Básico: o que falta para avançar?** 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/plano-nacional-de-saneamento-ba-sico-o-que-falta.2019-03-15.4665581007>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ANTUNES, A. M. S.; PARREIRAS, V. M. A.; QUINTELA, C. M.; RIBEIRO, N. M. Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. *In*: RIBEIRO, N. M. (Org.). **Prospecção Tecnológica**. v.1. 1. ed. Salvador, Brasil: EDIFBA, 2018. 194p.

ARFI-BENAYOUN, V; BENAYOUN, B. **Plantations equipées pour le traitement d'effluents organiques par bioassainissement**, EP1492733B1. Depositante: Desaix, Anne et al Ernest Gutmann - Yves Plasseraud S.A.S. 3, rue Auber 75009 Paris (FR). Depósito: 04 abr. 2003. Concessão: 05 jan. 2005.

BARROS, T. R. B, SEGUNDO, V. A. G.; SOUZA, C. C. N.; SILVA, J. N. Estudo e monitoramento tecnológico da utilização do ultrassom em processos químicos e com membranas. **Cadernos de Prospecção**, v.12, n.2, p.360, 2019.

BENAYOUN, B. Create a new profession: farmer depolleur by BAMBOO FOR LIFE. **Reshaping development pathways in LDCs**, 2019. Disponível em:

<https://www.climatecolab.org/contests/2019/reshapingdevelopmentpathwaysinLDCs/c/proposal/1334651>. Acesso em: 12 mai. 2021.

BORSCHIVER, S. *Roadmap: histórico e formatos*. In: RIBEIRO, N. M. (Org.). **Prospecção Tecnológica**. v.2. 1. ed. Salvador, Brasil: EDIFBA, p.60-90. 2019.

BRASIL. Casa Civil. **Saneamento básico: Governo Federal sanciona novo marco legal que permitirá a universalização do serviço**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2020/julho/saneamento-basico-governofederal-sanciona-novo-marco-legal-que-permitira-a-universalizacao-do-servico>. Acesso em: 7 jan. 2021.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 jun. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm#:~:text=Decreto%20n%C2%BA%207217&text=DECRETO%20N%C2%BA%207.217%2C%20DE%2021,b%C3%A1sico%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. Decreto nº 8.141, de 20 de novembro de 2013. Dispõe sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico – PNSB, institui o Grupo de Trabalho Interinstitucional de Acompanhamento da Implementação do PNSB e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 nov. 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D8141.htm. Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. Decreto nº 10.203, de 22 de janeiro de 2020. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 jan.2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10203.htm#:~:text=Altera%20o%20Decreto%20n%C2%BA%207.217,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 05 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 jan. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm#:~:text=\)%20\(Vig%C3%AAs\)-,Estabelece%20diretrizes%20nacionais%20para%20o%20saneamento%20b%C3%A1sico%3B%20altera%20as%20Leis,1978%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm#:~:text=)%20(Vig%C3%AAs)-,Estabelece%20diretrizes%20nacionais%20para%20o%20saneamento%20b%C3%A1sico%3B%20altera%20as%20Leis,1978%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs). Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 14026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do

cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20atualiza%20o,de%2019%20de%20novembro%20de. Acesso em: 03 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Cartilha Wetlands construídos aplicados no tratamento de esgoto sanitário: recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. 56p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183p.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Saneamento**. 2018. Disponível em: <http://pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/saneamento>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 571, de 05 de dezembro de 2013. Aprova o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB). **Diário Oficial da União**, Brasília, 06 dez. 2013. Disponível em: <http://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento/download/4d3b93db-c1e3-428d-a5f7-56a95f0a6d47>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BRITO, S. M.C. **Influência do meio suporte na eficiência de remoção em wetlands tratando esgoto sanitário**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p.48, 2017.

BRUM, M. de M.; WARTCHOW, D. Estudo de sistemas unitários como alternativa transitória para coleta de esgoto. In: **Rede de Saneamento e Abastecimento de Água. Congresso Internacional**, 3, 2017, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2017.

CAETANO, Nuno Manuel Palhotas. **Previsão de tempos de internamento de pacientes via técnicas de data mining**. Lisboa: ISCTE, 2013. Dissertação de mestrado. Disponível em [www:<http://hdl.handle.net/10071/8078>](http://hdl.handle.net/10071/8078). Acesso em: 09 jul. 2021.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Saneamento básico: um compromisso de todos por mais qualidade de vida**. 2ª edição. Fortaleza, 2016. 44p.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Plano de Gestão Estratégia e de Negócio (2021 – 2025)**. 2020. 52p. Disponível em: https://www.cagece.com.br/wp-content/uploads/PDF/Governanca/PlanoGestaoEstrategica/PLANO-DE-GESTAO-2021-A-2025_final-3.pdf. Acesso em: 14 mai. 2021.

CAMPOS, Guilherme Fantozzi. **Estudo comparativo entre dois sistemas de coleta de esgoto: a vácuo e por gravidade**. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124365/75.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CANONGIA, C.; SANTOS, D.; SANTOS, M. M.; ZACKIEWICZ, M. Foresight, inteligência competitiva e gestão do conhecimento: instrumentos para a gestão da inovação. **Gestão & Produção**, v.11, n.2, p.231-238, 2004.

CASTRO, R. **Habitação, saneamento básico e a proliferação de dengue, zika e chikungunya nas favelas**. Fundação Oswaldo Cruz, 2016. Disponível em: <https://rededengue.fiocruz.br/noticias/524-habitacao-saneamento-basico-e-a-proliferao-de-dengue-zika-e-chikungunya-nas-favelas>. Acesso: 25 jan. 2021.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras- Relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos**. GEOAMBIENTE – Fortaleza: SEMACE, 2016. 475p.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Saneamento Básico: uma agenda regulatória e institucional**. Brasília: CNI, 2018. 28p.

COSTA, L. L.; CEBALLOS, B. S. O.; MEIRA, C. M. B. S.; CAVALCANTI, M. L. F. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de retenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.3, n.1, p.23, 2003. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50000302.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2021.

COSTA, R. H. P. G; TELLES, D. D. A. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Blucher, 2007. 328p.

CUNHA, N. M. Metodologia de Seleção de Segmentações Diversificadas: Um Caso de Aplicação de Técnicas de Data Mining em Dados de Consumo para Avaliação de Portfólios de Cartões Bancários. 2009. **Dissertação de Mestrado**. Faculdade de Economia da Universidade do Porto, Porto.

ESSER, D.; LEBOEUF, V.; PIETRI, C. **Dispositif D'assainissement D'eaux Usees**, FR2929607. Depositante: EPUR NATURE Société à responsabilité limitée— FR. Depósito: 09 out. 2009. Concessão: 02 set. 2011.

EWERS, J. Unicamp assina licença para sistema Questel Orbit, ferramenta de busca e análise de patentes. **Agência de Inovação da Unicamp**, 2014. Disponível em: <https://www.inova.unicamp.br/noticia/3366/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

FALCETTA, F. A. M. **Sistema de Esgoto – Primeira Parte**. 2017. UNICAMP. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~caxd/falcetta/_resumos/eng37.html. Acesso em: 24 mai. 2021.

FELDKIRCHER, T. **Avaliação de um sistema de tratamento de efluentes de laboratório de análises físicoquímicas e microbiológicas**. 2010. Lajeado: UNIVATES. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/568/1/2010TiagoFeldkircher.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

GARCIA, A. E. G. A inteligência competitiva e o desenvolvimento de capacidades dinâmicas nas organizações. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v.16, n.1, p.69-90, 2017.

GEHLING, G. R.; BENETTI, A. D. Aceitabilidade de sistema combinado de esgotos em planos diretores de esgotamento sanitário. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 16, 2005, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2005.

GUEVARA, A. J. de H.; MARQUES, A. T.; BRITO, G. R.; MUNIZ, T. **Água Limpa**. São Paulo: PUC, 2019. Disponível em: <https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/bisus/bisus2019/desafio2.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2021.

HELLER, Léo; CASTRO, José Esteban. Política pública e gestão de serviços de saneamento. In: **Política pública e gestão de serviços de saneamento**. 2013. p.567-567.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Abastecimento de água e Esgotamento sanitário**, 2017. 119p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101734>. Acesso em: 25 fev. 2021.

IBGE. **Ceará - Panorama**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>. Acesso em: 28 jan. 2021.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Caracterização Territorial**. 2007. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12.htm>. Acesso em: 02 mar. 2021.

JÜRGENS, B.; CLARKE, N. Study and comparison of the unique selling propositions (USPs) of free-to-use multinational patent search systems. **World Patent Information**, [S.l.], v. 52, p. 9-16, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0172219017300856>. Acesso em: 02 abr. 2021.

KUPFER, D.; TIGRE, P. B. **Modelo SENAI de prospecção**: documento metodológico. Capítulo 2: prospecção tecnológica. *In*: Organización Internacional del Trabajo Cinterfor, 2004, Montevideo. Anais...Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. *Rev. Adm. Pública*, v.45, n.2, p.331-348, 2011.

MACHADO, A. S.; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Desafios e oportunidades para a implantação de uma das propostas do pemapes: o sistema combinado. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.1, n.2, p.234-250, 2013.

MAGNUS, A. P. M.; BOCHI, F.; CONSONI, L. A. E. A.; GABRIEL JÚNIOR, R. F.; MOURA, A.M. M. Estudo comparativo de busca e recuperação de patentes da UFRGS indexadas na DII, Orbit, INPI e Google Patents. *In*: **Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria**, 6, 2018, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: UFRJ, 2018.

MASSA, K. H. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.23, e200050, 2020.

MAYERHOFF, Z. D. V. L. Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v.1, n.1, p.7-9, 2008.

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>. Acesso em: 7 jan. 2021.

MENEGAT, D. R. **O direito fundamental ao saneamento básico: a universalização do acesso e os sistemas individuais de esgotamento sanitário**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Faculdade de Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

MENEZES, L. F.; JUIZ, P. J. L.; NOGUEIRA, Z. F. **Prospecção Tecnológica de Patentes Relacionadas às Práticas Respiratórias do Yoga**. 2018. Disponível em: <https://rigs.ufba.br/index.php/nit/article/viewFile/27175/PROSPEC%C3%87%C3%83O%20TECNOL%C3%93GICA%20DE%20PATENTES%20RELACIONADAS%20A%20PR%C3%81TICAS%20RESPIRAT%C3%93RIAS%20DO%20YOGA>. Acesso em: 18 set. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 4 jan. 2021.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Sanitation**. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 3 jan. 2021.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **OMS pede aumento de investimentos para atingir meta de banheiro para todos**. 2018. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5776:oms-pede-30-aumento-de-investimentos-para-atingir-meta-de-banheiro-para-todos&Itemid=839. Acesso em: 3 jan. 2021.

ORTIZ, I. A. S.; COUTO, E. A.; MORAIS, I. L. H.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgoto urbano. In: **Saneamento e o Ambiente**. 2ed. Editora ANAP, 2019. p.37-61.

PAING, J.; VOISIN, J. Pântano construído de fluxo vertical para águas residuais municipais e tratamento de septos na área rural francesa. 2005. **Water Science and Technology**, 51, 145-155.

PANFILI, F. BRITER-WATER project: A new promising phytoremediation technology for food industry wastewater treatm. **13th European Forum on Eco-innovation**. Lisboa, 2012. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/archives/ecoinnovation2012/2nd_forum/presentations/session2/2-19.pdf. Acesso em: 12 mai. 2021.

PARANHOS, R. C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da prospecção tecnológica em base de patentes e seus objetivos da busca. **Cadernos de Prospecção**, v.11, n.5, p.1274-1292, 2018.

PATINFORMATICS. **PatentInspiration - Utilizando o Modelo de Negócios Freemium para Pesquisa e Análise de Patentes**. 2017. Disponível em: <https://patinformatics.com/patentinspiration-utilizing-the-freemium-business-model-for-patent-search-and-analysis/>. Acesso em: 03 mar. 2021.

PELLISSARI, C.; SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; CARVALHO JUNIOR, O.; DECEZARO, S. T.; WOLFF, D. B. Incorporação de nitrogênio e fósforo no tecido foliar da macrófita *Typha domingensis* Pers. durante o tratamento de efluente da bovinocultura leiteira em wetlands construídos. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.24, n.3, p.585-590, 2019.

PERONDI, T., WOLFF, D. B., DECEZARO, S. T., ARAÚJO, R. K. Wetlands construídos para o tratamento de esgoto doméstico: uma análise comparativa do custo do ciclo de vida. **Ambiente Construído**, v.20, n.2, p.175-189, 2020.

PIRES, E. A.; RIBEIRO, N. M.; QUINTELLA, C. M. Sistemas de Busca de Patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence. **Cadernos de Prospecção**, v.13, n.1, 2020.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva**: criando e sustentando um desempenho superior. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 536p.

QUESTEL. Orbit Intelligence. **Software business intelligence**. 2020. Disponível em: <https://www.questel.com/business-intelligence-software/orbit-intelligence/>. Acesso em: 23 dez. 2020.

QUESTEL. Orbit Intelligence. **Valor da patente disponível diretamente na lista de resultados**. 2021. Disponível em: <https://www.questel.com/communication/patent-value-available-directly-in-hitlist-en.html>. Acesso em: 19 abr. 2021.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2010.

RODRIGUEZ, F. A.; BENAYOUN, B.; RODRIGUEZ, R. G. Irrigação do bambu: tratamento de águas residuárias. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n.89, p.50-53, 2011.

RUGGERI JUNIOR, H. C.; CARVALHO, R. V. Tecnologias sociais de saneamento rural - Partes constituintes e tecnologias de esgotamento sanitário. Curso de especialização de saneamento e saúde ambiental: **saneamento básico rural**. Organizadores: SCALIZE, P. S.; BEZERRA, N. R. Goiânia: CEGRAF UFG, 2020. 234p.

SILVA, R. D. da. **O efeito do tempo de ciclo de operação de filtração sobre a eficiência de wetlands**. 50f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

SYNTEA. **Filtres Plantés de Roseaux**. 2021. Disponível em: <https://zuronz4n75zccziopf3zjexf62a-adv7ofecxzh2qqi-www-synteaf.fr.translate.google.com/fr/nos-activites-et-procedes/assainissement-non-collectif/116-categorie-en-francais/procedes/434-fpr-general>. Acesso em: 12 mai. 2021.

SUZUKI, H. **Orbit.com: Visão geral sobre o sistema**. 2016. Disponível em: https://axonal.com.br/arquivos/PDF/Orbit_Visao_Geral_Sistema_PARTES_1_a_3_B_USCA_VISUALIZACAO_SELECAO.pdf. Acesso em: 03 mar. 2021.

TRATA BRASIL. **A diarreia como problema da falta de saneamento básico**. 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/08/29/diarreia-problema-da-falta-de-saneamento/#:~:text=Um%20dos%20principais%20problemas%20que,ser%20uma%20das%20mais%20citadas>. Acesso: 26 jan. 2021.

TRATA BRASIL. **Água**. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: 05 mar. 2021.

TRATA BRASIL. **Conheça algumas doenças causadas pela falta de saneamento básico**. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/02/27/doencas-falta-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

TRATA BRASIL. **Esgoto**. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 05 mar. 2021.

TRATA BRASIL. **Vergonha Básica. 2017.** <http://www.tratabrasil.org.br/vergonha-basica#:~:text=No%20ritmo%20atual%2C%20o%20Brasil,a%20sociedade%20ganharia%201700%20reais>. Acesso em: 20 fev. 2021.

TREIN, C. M. **Monitoramento de sistemas descentralizados de wetlands construídos de fluxo vertical aplicados no tratamento avançado de esgotos.** 134f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

TSUTIYA, M. T.; BUENO, R. C. R. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. **Agua Latinoamérica**, v.4, n.4, p.20-25, 2004.

UNICEF/OMS. Fundo das Nações Unidas para a Infância; Organização Mundial da Saúde. **Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares: 2000-2017.** Las desigualdades en el punto de mira. Nueva York: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019. 140p. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-report-2019/es/. Acesso em: 20 jan. 2021.

VOISIN, J.; PAING, J. **Dispositif d'assainissement compact par filtre plante, notamment du type plante de roseaux**, FR2942791. Depositante: J. VOISIN Société par actions simplifiée — FR. Depósito: 10 set. 2010. Concessão: 20 jul. 2012.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. **Boletim Wetlands Brasil**. Edição Especial. 2018. 65p.

WIPO. World Intellectual Property Organization. **Relatório da World Intellectual Property Organization (WIPO) 2019.** Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf. Acesso em: 15 mai. 2021.

APÊNDICE A – FOLDER

Figura A-1. Folder - Wetlands Construídos: Alternativa para tratamento de esgoto em municípios cearenses

Por que utilizar Wetlands construídos nos municípios cearenses?

Além das vantagens apresentadas, os wetlands construídos são adequados para regiões com altas temperaturas e sol pleno, como é o caso do Estado do Ceará, utilizando espécies vegetais adequadas ao clima da região, auxiliando na ampliação do volume de esgoto tratado e, consequentemente contribuindo com o processo de universalização do setor.

Referências

COSTA, L. L.; CEBALLOS, B. S. O.; MEIRA, C. M. B. S.; CAVALCANTI, M. L. F. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos. Revista de biologia e ciências da terra, v. 3, n. 1, p. 0, 2003. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50000302.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2021.

LIMA, R. F. S. (2016). Potencialidades dos wetlands construídos empregados no pós-tratamento de esgotos: experiências brasileiras. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. (2018). Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, dezembro/2018. 65 p. ISSN 2359-0548.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.






Discente: Nyanne Maria Gonçalves Leite
Orientador: Dr. George do Nascimento Ribeiro
Coorientadora: Drª Vera Lúcia Antunes de Lima

Wetlands Construídos

Alternativa para tratamento de esgoto em municípios cearenses

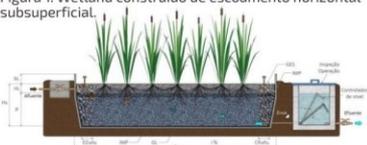
O que são Wetlands Construídos?

Os Wetlands construídos são sistemas de tratamento de efluentes, que utilizam tecnologia simples, de fácil operação e baixo custo, apresentando boa ciclagem de nutrientes, removendo a matéria orgânica e reduzindo os microrganismos patogênicos presentes nas águas residuais, para isso emprega-se mecanismos como a decantação, o predatismo e competição entre outros microrganismos e eventuais substâncias tóxicas são produzidas e liberadas pelas plantas através de suas raízes (COSTA et al, 2003).

Tipos de Wetlands Construídos

De escoamento horizontal subsuperficial

Neste tipo, o líquido a ser tratado é disposto na zona de entrada, parte inicial do leito (composta por brita de granulometria maior ou material similar), chegando a zona principal do leito, onde escoar vagarosamente por meio do material filtrante (brita ou cascalho), até atingir a zona de saída (também composta por brita de granulometria maior ou material similar), na extremidade oposta. O escoamento do líquido ocorre em um meio saturado hidráulicamente, predominantemente, de forma horizontal, ao longo da seção longitudinal, de modo que o nível do líquido sempre fica abaixo do nível do material filtrante (Figura 1) (VON SPERLING & SEZERINO, 2018).



Fonte: VON SPERLING & SEZERINO (2018).

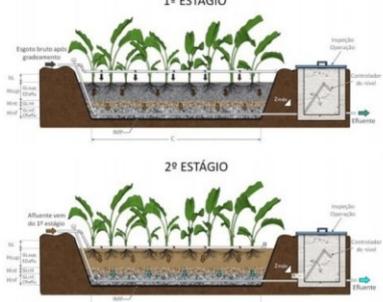
De escoamento vertical

Neste caso, o efluente é disposto uniformemente sobre toda área superficial do módulo de tratamento, percolando por entre as plantas macrófitas e pelo material filtrante (geralmente areia), até ser coletado pelo sistema de drenagem no fundo do tanque (Figura 2) (VON SPERLING & SEZERINO, 2018).

Fonte: VON SPERLING & SEZERINO (2018).

De escoamento vertical (Sistema Francês)

É constituído por dois estágios, após o gradeamento, o primeiro estágio recebe esgoto bruto e o segundo recebe os efluentes tratados no primeiro estágio. O primeiro estágio visa remover a matéria orgânica e os sólidos suspensos, além de remover parcialmente o nitrogênio amoniacal por nitrificação. Já o segundo estágio promove o polimento no tratamento, complementa a remoção da matéria orgânica, sólidos suspensos, e principalmente, do nitrogênio amoniacal (VON SPERLING & SEZERINO, 2018).



Fonte: VON SPERLING & SEZERINO (2018).

Vantagens dos Wetlands construídos

- Podem ser utilizados para o tratamento de diversos tipos de efluentes;
- tratamento eficaz sem a necessidade de equipamentos complexos;
- dispensa uso de produtos químicos;
- esteticamente integrados a paisagem;
- baixo custo de implantação;
- fácil manutenção;
- remoção satisfatória de matéria orgânica, sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo (LIMA, 2016)