

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM ÁREAS RURAIS

Marcio De Godoi Junior ¹, Diorgines Mattos Machado ²

Resumo: O saneamento básico em áreas rurais ainda representa um dos maiores desafios estruturais no Brasil, especialmente pela ausência de soluções adaptadas à realidade local e pela dificuldade de acesso à informação técnica para escolha de tecnologias adequadas. Diante desse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um aplicativo móvel de apoio à tomada de decisão no processo de tratamento de esgoto individualizado em comunidades com infraestrutura limitada. A proposta foi estruturada com base em uma árvore de decisão binária, orientada na metodologia E2SI e em diretrizes estabelecidas por órgãos como a FUNASA e a UNICAMP. A aplicação foi desenvolvida utilizando tecnologias híbridas, como React Native, SQLite e expo-print, o que permite seu funcionamento offline, exportação de resultados em PDF e ampla acessibilidade. A interface foi desenvolvida para ser acessível, contribuindo com a inclusão digital de populações com acesso limitado à tecnologia. Para validação do sistema, foram simulados cenários em quatro localidades do município de Forquilha/SC, considerando variáveis como tipo de solo, uso da água e práticas agrícolas. Os resultados obtidos demonstraram alta coerência entre as recomendações do aplicativo e as tecnologias esperadas com base nas diretrizes técnicas. A ferramenta mostrou-se eficaz em fornecer suporte automatizado e adaptável às condições locais, sendo uma solução promissora para ampliar o acesso à informação em contextos rurais. Os trabalhos futuros incluem a inclusão de georreferenciamento e a realização de testes com usuários reais para validação prática em campo.

Palavras-chave: Aplicativos móveis; Saneamento rural; Tomada de decisão; React Native; Lógica de programação; Esgotamento sanitário; Soluções descentralizadas.

¹Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), marciojrgodoi@gmail.com

²Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), diorginesmattos@unesc.net

ABSTRACT: The basic sanitation in rural areas remains one of Brazil's major structural challenges, especially due to the lack of solutions adapted to local conditions and the limited access to technical information for selecting appropriate technologies. In response to this scenario, this study presents the development of a mobile application to support decision-making in the process of selecting individualized wastewater treatment systems in communities with limited infrastructure. The solution was structured based on a binary decision tree, guided by the E2SI methodology and technical guidelines established by institutions such as FUNASA and UNICAMP. The application was developed using hybrid technologies such as React Native, SQLite, and expo-print, enabling offline operation, PDF report generation, and broad accessibility. The interface was designed to be inclusive, promoting digital inclusion for populations with limited access to technology. To validate the system, simulations were conducted in four localities of the municipality of Forquilha/SC, considering variables such as soil type, water use, and agricultural practices. The results demonstrated strong consistency between the application's recommendations and the expected technologies based on official technical criteria. The tool proved effective in providing automated and locally adaptable support, offering a promising solution for expanding access to information in rural contexts. Future work includes integrating georeferenced data and conducting field tests with real users to evaluate usability and decision-making support in practice.

Keywords: Mobile applications; Rural sanitation; Decision-making support; React Native; Programming logic; Wastewater treatment; Decentralized solutions.

1 INTRODUÇÃO

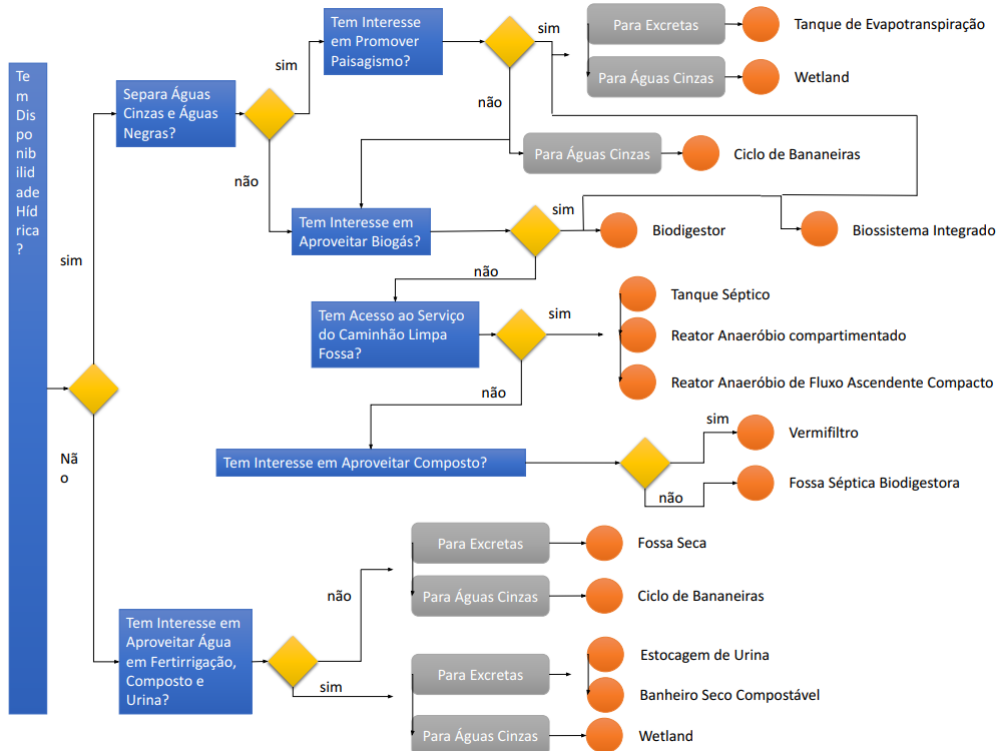
O acesso ao saneamento básico ainda é um dos grandes desafios enfrentados pelas populações que residem em áreas rurais no Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), aproximadamente 23,2 milhões de brasileiros vivem nessas regiões, sendo que mais da metade dessas residências utilizam soluções alternativas e muitas vezes precárias, como fossas rudimentares. Essa realidade tem impacto direto na saúde pública e na degradação ambiental, pois a ausência de sistemas adequados de coleta e tratamento de esgoto é responsável por grande parte das internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado, como diarreia, hepatite, leptospirose e esquistossomose (Pimentel et al., 2020; Moura; Landau; Ferreira, 2020).

A precariedade dos serviços de saneamento nas zonas rurais decorre, entre outros fatores, da dispersão geográfica das moradias, da escassez de investimentos públicos voltados ao meio rural e da dificuldade de acesso à informação técnica para escolha e implementação de soluções viáveis, apesar da existência de diretrizes como a Lei nº 11.445/2007 e de ferramentas desenvolvidas por entidades como a FUNASA e a EMBRAPA, ainda há uma lacuna na efetivação de soluções sustentáveis, acessíveis e adaptadas às particularidades locais (Tonetti et al., 2018; Funasa, 2019).

Nesse contexto, destaca-se a complexidade da escolha da tecnologia mais adequada para o tratamento de esgoto em comunidades rurais, a decisão envolve múltiplos critérios técnicos, ambientais, sociais e econômicos, o que dificulta o processo em regiões com baixo acesso à assistência técnica. Isso torna essencial o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão que sejam intuitivas e operem mesmo em ambientes com infraestrutura digital limitada (Costa et al., 2021).

Uma metodologia eficaz nesse cenário é a do fluxograma de decisão, representado pela ferramenta **E2SI** (Escolha de Esgotamento Sanitário Individualizado), essa solução, construída com base em perguntas binárias (sim/não), permite orientar a seleção da tecnologia ideal conforme a disponibilidade hídrica, o interesse em aproveitamento de subprodutos como biogás e composto, e o acesso a serviços como o caminhão limpa fossa. O fluxograma, apresentado nos documentos analisados e ilustrado na Figura 1, direciona para treze diferentes tecnologias adaptadas ao contexto rural, como o tanque de evapotranspiração, fossa séptica biodigestor, wetlands construídos, círculo de bananeiras, entre outras, considerando critérios técnicos, ambientais e sociais (Costa et al., 2021; Tonetti et al., 2018).

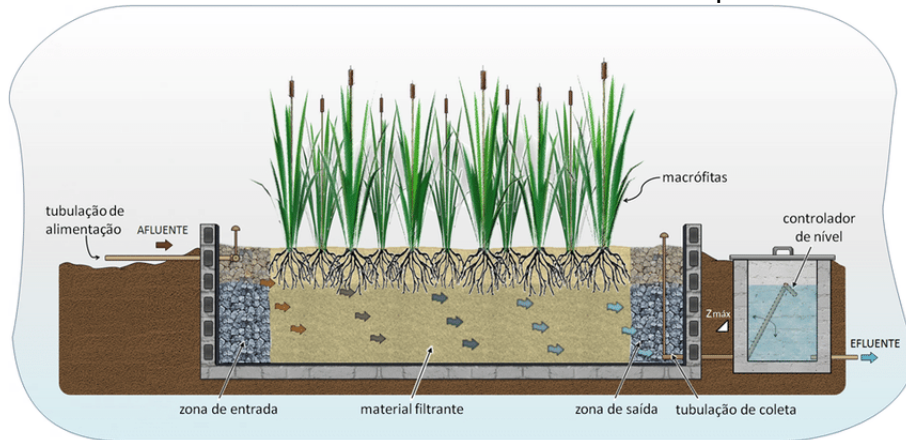
Figura 1 - Fluxograma para orientação das tecnologias individualizadas de esgotamento sanitário.



Fonte: Tonetti et al. (2018).

Conforme Costa et al. (2021), a ferramenta E2SI é representada por um fluxograma decisório, construído com base em perguntas sequenciais de simples resposta (sim ou não), permitindo que o usuário, mesmo sem conhecimento técnico aprofundado, seja conduzido de maneira lógica até a alternativa mais adequada de tecnologia de esgotamento sanitário individualizado. O caminho percorrido no fluxograma considera aspectos como a disponibilidade de espaço, o interesse no reaproveitamento de subprodutos, o tipo de solo, a existência de infraestrutura de coleta e o nível de manutenção possível pela comunidade. Ao final da sequência, chega-se a uma das treze soluções propostas, entre elas os *wetlands*, Figura 2, construídos de fluxo horizontal subsuperficial alternativa de baixo custo, elevada eficiência de tratamento e adaptação à realidade rural.

Figura 2 - Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento horizontal subsuperficial.



Fonte: GESAD - Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado (2024).

Tais abordagens reafirmam o papel da Ciência da Computação como promotora de soluções tecnológicas aplicadas a problemas sociais e ambientais, estudos recentes apontam que sistemas de apoio à decisão, especialmente quando integrados com design centrado no usuário e arquitetura orientada a fluxos lógicos, são essenciais para a democratização do acesso à tecnologia em contextos vulneráveis (Iratni; Chang, 2019; Sharma et al., 2023).

A análise dos trabalhos correlatos evidencia a crescente integração da computação e dos métodos de apoio à decisão no saneamento e na gestão ambiental, um exemplo notável é a revisão de Sharma et al. (2023), que explora a aplicação de métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) no tratamento de águas residuais, este estudo demonstra como o MCDM auxilia na escolha informada entre diversas tecnologias e na otimização de processos, avaliando múltiplos fatores simultaneamente para chegar a uma decisão fundamentada, embora similarmente utilize métodos de apoio à decisão para analisar tecnologias de tratamento, o presente trabalho de pesquisa se distingue ao focar na aplicação prática em áreas rurais, considerando ativamente critérios locais e operacionais que influenciam diretamente a decisão sobre a tecnologia mais adequada. Ambas as abordagens compartilham o uso de uma revisão teórica abrangente como base para o processo decisório (Sharma et al., 2023).

Destaca-se também o estudo de Iratni e Chang (2019) sobre um sistema de apoio à decisão para saneamento rural, no qual empregaram inteligência artificial para adaptar recomendações tecnológicas, o que en-

volve um processo de decisão automatizado baseado nas condições locais. O sistema busca e sugere alternativas em conformidade com a Lei nº 11.445/2007, utilizando um fluxograma de decisão fixo incorporado ao código. A prioridade é contribuir para uma decisão rápida e autônoma em áreas com infraestrutura limitada, focando na operação offline e mínima manutenção, em que compara com um sistema adaptativo que atualiza dinamicamente parâmetros, permitindo uma tomada de decisão mais flexível e continuamente ajustada às restrições de conectividade e recursos técnicos das zonas rurais analisadas (Iratni; Chang, 2019).

Outros trabalhos, como os de Emrich (2021), Ribeiro, Medeiros e Guedes (2023), Pessanha et al. (2012) e Júnior (2023), demonstram a aplicação da computação em diferentes aspectos do saneamento, como gerenciamento de lodo, modelagem ambiental e gestão de resíduos, onde ambas as pesquisas, observa-se uma carência de soluções computacionais especificamente voltadas para auxiliar na tomada de decisão no processo de tratamento de esgoto em áreas rurais, o que reforça a relevância desta pesquisa.

Com base nesses princípios, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um aplicativo móvel de apoio à decisão para a escolha de tecnologias de esgotamento sanitário em áreas rurais, visando facilitar o acesso à informação técnica a partir do fluxograma E2SI. Para isso, o percurso metodológico envolveu a digitalização do fluxograma e sua conversão em uma interface móvel interativa, o desenvolvimento da solução em React Native para garantir a compatibilidade multiplataforma, e a implementação da funcionalidade de geração de relatórios automáticos em PDF. Finalmente, a coerência das recomendações do aplicativo foi validada por meio da simulação de quatro cenários baseados em localidades reais do município de Forquilha/SC.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de melhorar o processo de tomada de decisão em saneamento rural, a metodologia desta pesquisa foi organizada em duas frentes principais:

- Levantamento bibliográfico, para identificar e analisar as estruturas de decisão e as tecnologias aplicáveis ao saneamento em áreas rurais, em conformidade com as diretrizes legais e do Programa Nacional de Saneamento Rural.

- A aplicação da tecnologia para traduzir o conhecimento técnico em uma ferramenta prática. Esta frente consistiu no desenvolvimento de um aplicativo móvel de apoio à decisão, projetado para guiar o usuário na escolha do método mais adequado de tratamento de esgoto, especialmente em locais com conectividade limitada.

Essa proposta está representada na Figura 1, localizada no capítulo de introdução, a qual serviu de base para a construção do fluxograma estruturado.

2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico teve como objetivo principal mapear os conceitos essenciais, normas técnicas, metodologias e tecnologias sociais aplicáveis ao tratamento de esgoto em áreas rurais. Para isso, foram analisadas publicações científicas, documentos técnicos de instituições como a FUNASA, EMBRAPA e ABES, órgãos e entidades com foco em diferentes áreas da saúde pública, agricultura e saneamento, além de artigos científicos publicados no período de 2020 a 2025.

Com base nos artigos em pesquisa, foi identificado o fluxograma de uma ferramenta para tomada de decisão chamada **E2SI** (Escolha de Esgotamento Sanitário Individualizado), um estudo de Costa et al. (2021). Essa metodologia já se encontra pronta para ser estruturada em uma aplicação, sendo baseada em perguntas binárias com respostas booleanas (sim ou não), as quais auxiliam na escolha de um modelo de esgoto sanitário adequado.

Para subsidiar a construção de uma tabela decisória e de um sistema de busca voltado à recomendação de instalações de tratamento de esgoto em áreas rurais e comunidades isoladas, foram utilizados como principais referenciais:

- Programa Nacional de Saneamento Rural (Funasa, 2019) fornece diretrizes técnicas e operacionais estruturadas em matrizes tecnológicas e quadros de requisitos, desde o abastecimento de água até o manejo de águas pluviais. Esses elementos possibilitam a organização dos dados, a definição de parâmetros comparáveis e a aplicação no sistema proposto.
- Tonetti et al. (2018) apresenta um conjunto de soluções descentralizadas adaptáveis à realidade das comunidades de pequeno porte, incluindo fichas técnicas sobre tecnologias como fossas biodigestoras,

vermifiltros, círculos de bananeiras, entre outras. Essas informações serviram de base para testar e validar o uso do sistema.

A cada resposta fornecida pelo usuário, o escopo de possibilidades se reduz progressivamente até convergir em uma recomendação técnica personalizada, adaptada às condições locais, como a disponibilidade hídrica, a separação de águas cinzas e negras, o interesse em paisagismo ou na produção de biogás, entre outros critérios.

Para facilitar a compreensão dessas recomendações, a aplicação apresenta esquemas gráficos representativos ao final do processo decisório. A Tabela 1 exemplifica diferentes cenários e as respectivas soluções visuais associadas ao Programa Nacional de Saneamento Rural (Funasa, 2019) e ao guia *Tratamento de Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas* (Tonetti et al., 2018).

Tabela 1: Cenário, solução e representação

Cenário de Decisão	Solução Recomendada	Representação Visual
Separação de águas cinzas e negras, com paisagismo	Tanque de evapotranspiração	Esquema hidráulico com planta paisagística
Interesse em produção de biogás e acesso a limpa-fossa	Biodigestor	Corte esquemático do biodigestor
Sem acesso a limpa-fossa, mas com produção orgânica	Vermifiltro	Seção transversal com vermicompostagem
Sem separação de águas, sem acesso a caminhão limpa-fossa	Fossa seca	Diagrama do sistema seco simplificado
Interesse em reaproveitamento de água para fertirrigação	Círculo de bananeiras	Desenho ilustrativo de plantio com reuso
Reaproveitamento de urina e composto seco	Banheiro seco compostável e armazenamento de urina	Planta baixa com sistema duplo separado
Solução combinada para águas cinzas	Wetland construído	Representação com leito filtrante e plantas

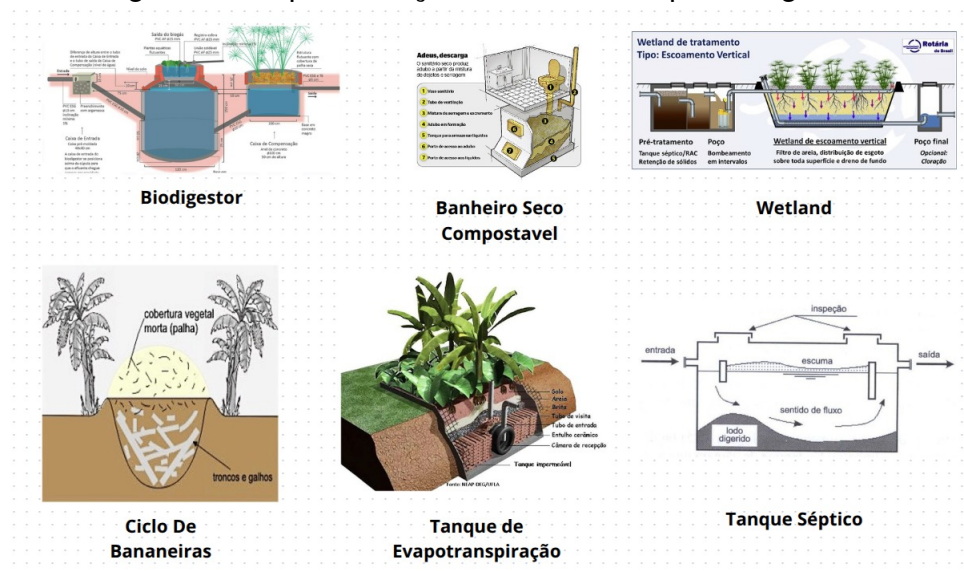
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os esquemas funcionam como guias visuais para a execução das soluções recomendadas, podendo ser adaptados conforme as especificidades do contexto local.

2.1.1 Representação Dos Esquemas Gráficos

As respostas geradas apresentam esquemas gráficos normativos indicados pelo fluxograma decisório, como fossa séptica biodigestora, tanque de evapotranspiração, círculo de bananeiras e wetland construídos, estes esquemas seguem as diretrizes do Programa Nacional de Saneamento Rural (Funasa, 2019), garantindo conformidade técnica e legal das soluções propostas, conforme representado na Figura 3.

Figura 3 - Representação visual dos esquemas gráficos



Fonte: Elaborado pelo autor.

As representações visuais funcionam como respostas técnicas do algoritmo de decisão do aplicativo, com o objetivo de facilitar a compreensão e a aplicação das alternativas sugeridas, desta forma, as recomendações tornam-se mais acessíveis e didáticas, especialmente em contextos com limitações de assistência técnica.

2.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

O desenvolvimento do aplicativo foi conduzido com base em metodologias ágeis, adotando uma abordagem iterativa e incremental que permitiu ajustes contínuos conforme a validação de cada etapa, sendo que, o processo foi dividido em fases bem definidas, desde a análise de requisitos até a documentação dos resultados. Para a construção do sistema, foram utilizados os seguintes recursos computacionais que compõem o ambiente de desenvolvimento, tais como: estação de trabalho equipada com processador AMD Ryzen 5 2600, 16 GB de memória RAM e placa gráfica AMD

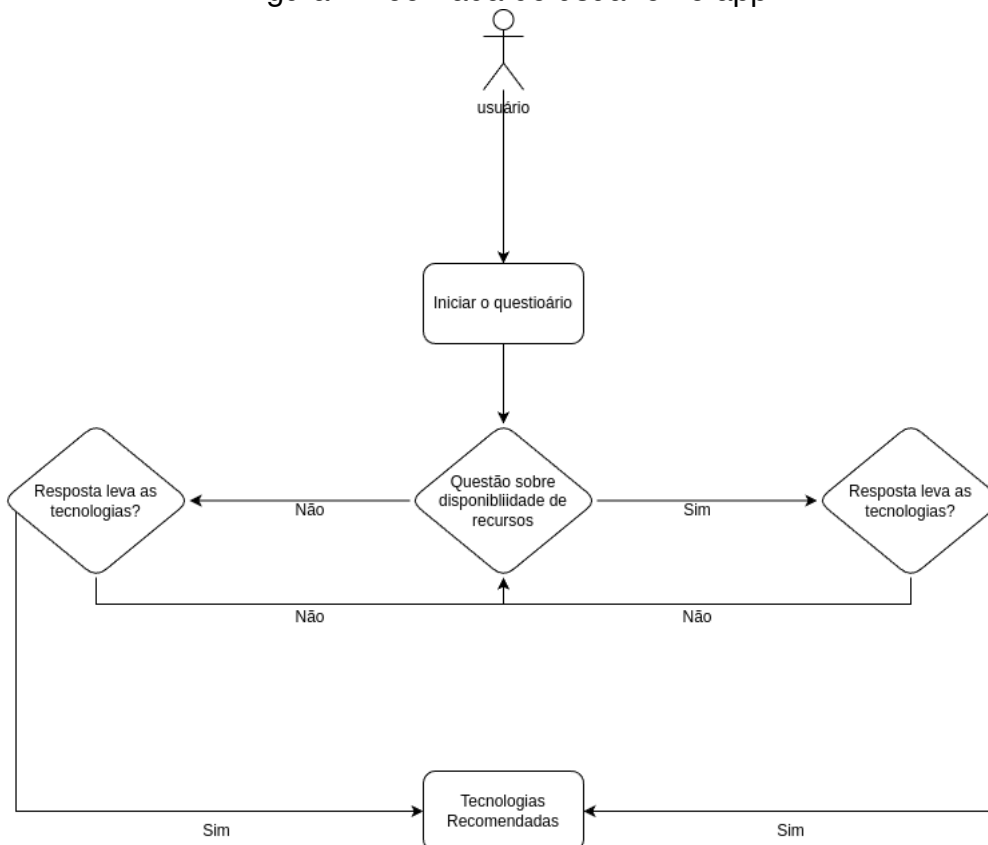
RX 6600; sistema operacional Ubuntu 22.04 LTS sendo a base para todo o ambiente de desenvolvimento e integração das ferramentas; para simulações práticas e validação do desempenho uso do smartphone Samsung Galaxy A54 com o sistema operacional Android 14.

2.2.1 Análise De Requisitos Do Sistema

Foram inicialmente definidos os requisitos funcionais do sistema, os quais compreendem o fluxo de perguntas, onde, a visualização das tecnologias recomendadas e a exportação dos resultados são salvos em arquivo PDF, e também, foram considerados os requisitos não funcionais, tais como a usabilidade da interface e os critérios de acessibilidade, assegurando a utilização do aplicativo mesmo em contextos com infraestrutura limitada.

Na Figura 4, apresenta a jornada do usuário dentro da aplicação, evidenciando as etapas de navegação entre as perguntas e a obtenção das recomendações personalizadas.

Figura 4 - Jornada do usuário no app.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A cada pergunta, gera-se uma resposta binária, “sim” ou “não”,

que direciona o usuário a uma nova pergunta ou à recomendação de uma tecnologia, estas tecnologias estão vinculadas a esquemas gráficos normativos, os quais ilustram visualmente as soluções indicadas conforme o contexto apresentado pelo usuário.

2.2.2 Codificação Do Sistema

A codificação da aplicação móvel foi realizada utilizando o framework React Native (versão 0.76.6), que permitiu o desenvolvimento multiplataforma a partir de uma base de código unificada, garantindo compatibilidade com os sistemas operacionais Android e iOS. O gerenciamento das dependências e pacotes do projeto foi efetuado por meio da ferramenta Bun (versão 1.2.5), a qual otimizou os processos de instalação e atualização das bibliotecas empregadas na aplicação. A lógica decisória representada no fluxograma, foi convertida em uma estrutura de árvore de decisão programável, no qual, implementada por meio de coleções de dados que relacionam cada pergunta às respostas binárias possíveis (“sim” ou “não”), orientando o fluxo para novas perguntas ou para um resultado final.

Foram programados sete questionamentos distintos, conforme apresentado na tabela 2, no qual orientam o percurso do usuário com base em lógica booleana, as funções específicas controlam a navegação entre os nós da árvore, de acordo a cada resposta fornecida.

Tabela 2: Perguntas para definição da solução de esgotamento sanitário

Cenário de Decisão (Pergunta)
Existe separação entre águas cinzas e negras no domicílio?
Há interesse em produção de biogás? Existe acesso ao serviço de limpa-fossa?
Não há acesso à limpa-fossa, mas há interesse em uso agrícola de resíduos?
Não há separação de águas nem acesso a caminhão limpa-fossa?
Existe interesse em reutilização de água para irrigação de plantas?
Há interesse em reaproveitar urina e composto seco para fins agrícolas?
É necessário tratar exclusivamente as águas cinzas geradas na residência?

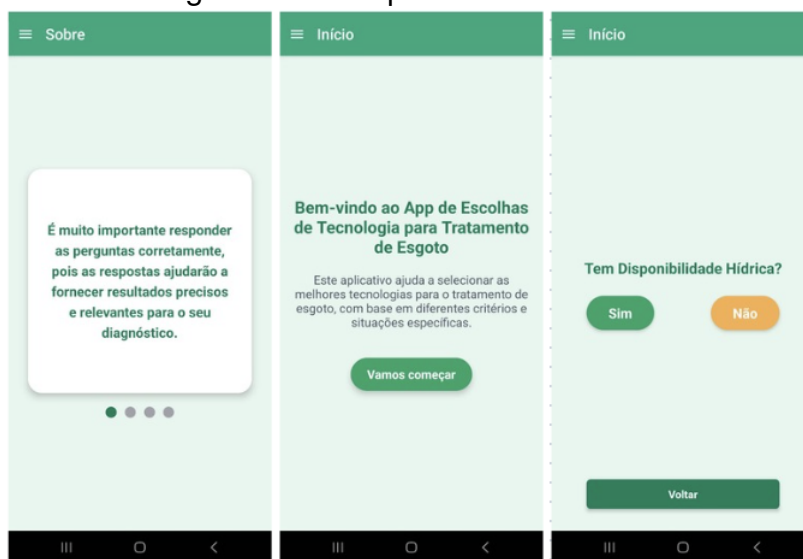
Fonte: Elaborado pelo autor.

O estado da navegação e as respostas do usuário são armazenados localmente, permitindo o funcionamento completo da lógica decisória mesmo sem conexão com a internet, para o desenvolvimento, adotaram-se princípios de metodologias ágeis, com ciclos curtos e uso do Trello para o acompanhamento das tarefas e demandas, que ajudaram na flexibilidade e eficiência do processo.

2.2.3 Metodologia Do Layout Da Interface

A interface foi projetada com foco em usabilidade e acessibilidade, especialmente para usuários com baixo letramento digital, na prototipação visual, foi realizada no Figma, e a implementação utilizou a biblioteca Native Base na versão 3.4.28, com componentes responsivos, no qual foram priorizados botões grandes, linguagem direta e ícones descritivos, conforme apresentado na Figura 5, a fim de facilitar a interação com o sistema.

Figura 5 - Exemplo de uso interface.

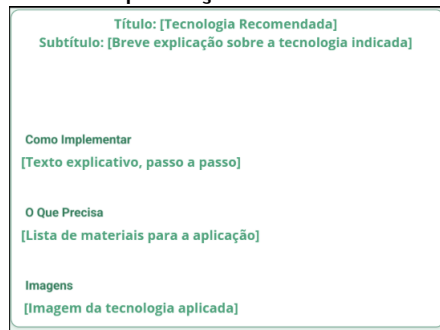


Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.4 Organização Das Ferramentas E Documentação Dos Resultados

Foram implementadas funcionalidades essenciais para o armazenamento local e exportação dos dados gerados durante a navegação na árvore de decisão da aplicação, as decisões tomadas pelos usuários foram registradas por meio do sistema SQLite, assegurando a persistência dos dados, para a exportação das recomendações técnicas, foi utilizado o módulo expo-print, responsável por converter o conteúdo HTML estruturado para arquivos PDF. O documento gerado inclui títulos, descrições técnicas, imagens e diagramas das tecnologias sugeridas, organizados de forma clara para fins de consulta e compartilhamento, conforme modelo de apresentação da Figura 6.

Figura 6 - Modelo de exportação das recomendações técnicas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Para o desenvolvimento do aplicativo móvel voltado à tomada de decisões sobre o tratamento de esgoto em zonas rurais, adotou-se uma abordagem estruturada com base na utilização do fluxograma da jornada do usuário, conforme apresentado na Figura 3 da seção materiais e métodos. A sistemática do fluxograma, ou lógica, foi transposta para o código por meio de uma estrutura programável, em que cada decisão do usuário aciona um fluxo condicional de navegação.

A função apresentada na Figura 7 integra a estrutura de decisão do aplicativo e é responsável por processar a resposta do usuário em cada etapa do questionário. Ao selecionar "sim" ou "não", o sistema identifica o próximo passo com base no 'ID' associado à resposta. Caso esse ID aponte diretamente para um resultado (identificado pela palavra-chave "resultado"), o usuário é direcionado para a tela final de recomendações técnicas, caso contrário, o sistema avança para a próxima pergunta.

Figura 7 - Estrutura de decisão.

```
1  const handleAnswer = (resposta: 'sim' | 'nao') => {
2    const proximoId = perguntaAtual[resposta]; // Pega o ID da próxima pergunta ou resultado
3    if (proximoId.startsWith('resultado')) {
4      // Se o ID indica um resultado, navega para a tela de resultados
5      navegarPara('Resultado', { resultadoId: proximoId });
6    } else {
7      // Caso contrário, navega para a próxima pergunta
8      navegarPara('Questionario', { perguntaId: proximoId });
9    }
10  };
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 8 ilustra a estrutura utilizada para definir as perguntas no sistema, onde cada pergunta é representada por um objeto que contém o texto da questão e os identificadores das próximas etapas, dependendo da resposta do usuário, podendo ser "sim" ou "não". Esta organização permite que o aplicativo direcione o fluxo da navegação com base nas escolhas

feitas, mantendo a coerência com a árvore de decisão originalmente concebida, no exemplo apresentado, a pergunta “você tem disponibilidade hídrica para o sistema?” leva a diferentes caminhos:

- Caso o usuário responda “sim”, a próxima pergunta tratará da separação de águas cinzas e negras;
- Caso responda “não”, será direcionado a uma pergunta sobre o interesse em fertirrigação com composto de urina.

Figura 8 - Estrutura de questionamentos para tomada de decisão.

```
1 // Exemplo de definição de uma pergunta no sistema
2 interface Pergunta {
3     pergunta: string; // 0 texto da pergunta
4     sim: string; // ID da próxima pergunta ou do resultado se a resposta for "sim"
5     nao: string; // ID da próxima pergunta ou do resultado se a resposta for "não"
6 }
7
8 // Parte da estrutura de dados de perguntas
9 const perguntasDoApp = {
10     TemDisponibilidadeHidrica: {
11         pergunta: "Você tem disponibilidade hídrica para o sistema?",
12         sim: "SeparaAGuasCinzasEAGuasNegras", // Próxima pergunta
13         nao: "TemInteresseEmAproveitarAguaEmFertirrigacaoCompostoeUrina", // Próxima pergunta
14     },
15     // ... outras perguntas seguem esta lógica
16 };
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Junto à estrutura de questionamentos para a tomada de decisão, o sistema acessa a base de resultados finais, conforme ilustrado na Figura 9, onde cada resultado é identificado por um *ID* que agrupa uma ou mais tecnologias compatíveis com as condições informadas pelo usuário ao longo do questionário. Por exemplo, o resultado *resultadoWetland-TanqueEvapotranspiracao* associa-se às tecnologias “wetlands”, “tanque de evapotranspiração” e “biossistema integrado”, recomendadas para cenários com disponibilidade hídrica e interesse em soluções naturais. Esta configuração modular permite ao sistema apresentar recomendações técnicas específicas e contextualizadas para aplicação no meio rural.

Figura 9 - Estrutura das tecnologias recomendadas.

```
1 // Parte da estrutura de dados de resultados
2 const resultadosFinais = {
3     resultado_Wetland_TanqueEvapotranspiracao: { tecnologias: ["Wetland", "Tanque de Evapotranspiração", "Biossistema Integrado"] },
4     resultado_bananeira: { tecnologias: ["Ciclo de Bananeiras"] },
5     // ... outros resultados e suas tecnologias associadas
6 };
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final do percurso decisório, após as funções das estruturas para a tomada de decisão, o aplicativo apresenta ao usuário as tecnologias recomendadas por meio de uma interface visual clara e acessível. A

tecnologia sugerida é exibida com título, descrição resumida, opções de visualização de imagens, orientações detalhadas de implementação e lista dos materiais necessários, no exemplo da Figura 10, a recomendação final foi a “Estocagem de Urina”, acompanhada de instruções práticas e imagens ilustrativas, como a do banheiro seco compostável, seguindo as recomendações técnicas estabelecidas por legislações e orientações de órgãos competentes voltados ao saneamento básico em áreas rurais.

Figura 10 - Tecnologias recomendadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme ilustrado na Figura 11, a tela de resultados do aplicativo é alimentada por meio da identificação do *resultadoId*, que referencia um conjunto de tecnologias previamente mapeadas na estrutura de dados da aplicação. A função utiliza o *hook useEffect* para, ao carregar a tela, buscar as tecnologias associadas ao resultado final armazenado.

Figura 11 - Estrutura.

```

1 // Dentro da tela de resultados
2 const [tecnologiasRecomendadas, setTecnologiasRecomendadas] = useState<string[]>([]);
3
4 useEffect(() => {
5   // Ao carregar a tela, busca as tecnologias associadas ao resultado final
6   if (resultadoId !== undefined) {
7     const tecnologiasEncontradas = resultadosFinais[resultadoId]?.tecnologias || [];
8     setTecnologiasRecomendadas(tecnologiasEncontradas);
9   }
10 }, [resultadoId]);

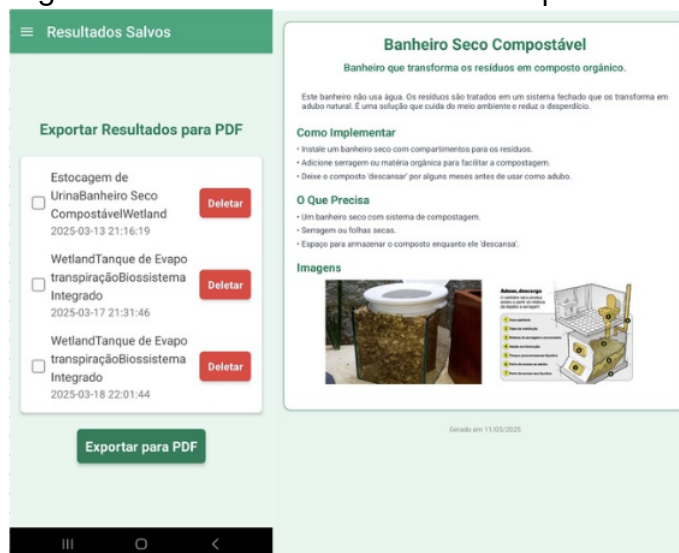
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estas tecnologias são carregadas dinamicamente e disponibilizadas ao usuário. Após essa etapa, o sistema permite salvar os dados localmente e gerar um documento em PDF contendo as informações das

tecnologias recomendadas, utilizando o módulo *expo-print*. O documento gerado inclui o título da tecnologia, descrições técnicas, orientações de implementação e imagens ilustrativas, servindo como material de apoio e consulta futura, especialmente útil em contextos com conectividade limitada. No exemplo da Figura 12, observa-se a geração de um PDF com orientações completas sobre o “Banheiro Seco Compostável”, incluindo detalhes sobre sua montagem, funcionamento e adequação ao meio rural.

Figura 12 - Resultados Salvos em arquivos PDF.

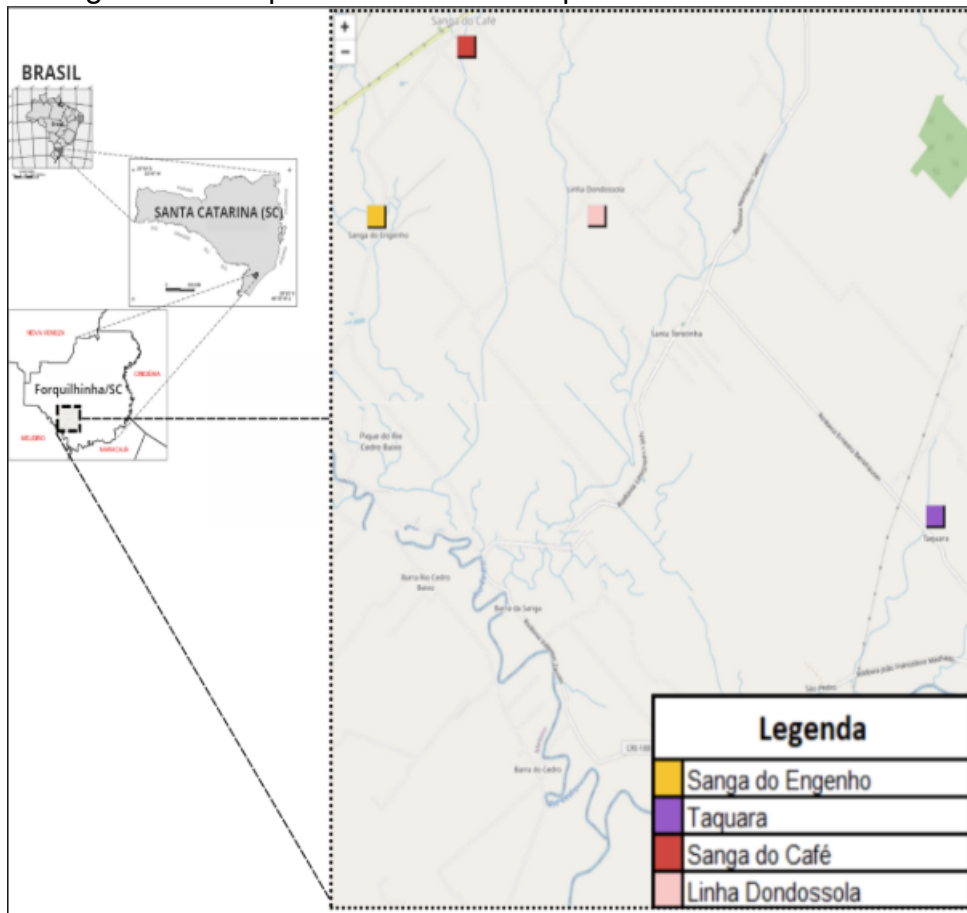


Fonte: Elaborado pelo autor.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com o objetivo de verificar a consistência das recomendações do aplicativo, foram realizadas simulações práticas, testando-se um cenário específico para cada uma das quatro localidades do município de Forquilhinha/SC Sanga do Engenho, Taquara, Sanga do Café e Linha Dondossola, conforme mapa da Figura 13, no qual, estas localidades foram selecionadas por apresentarem distintas condições ambientais e práticas agrícolas, fatores que influenciam diretamente na definição das tecnologias sanitárias adequadas.

Figura 13 - Mapa da cidade de Forquilha/SC e localidades.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 3 apresenta o cruzamento entre as tecnologias esperadas (com base em diretrizes técnicas e legislações aplicáveis ao saneamento rural) e aquelas efetivamente recomendadas pelo aplicativo. Os dados indicam que, em dois dos quatro cenários simulados (Sanga do Engenho e Taquara), o aplicativo sugeriu exatamente as soluções esperadas, já em Sanga do Engenho, por exemplo, a fossa séptica biodigestora foi corretamente indicada, enquanto na localidade de Taquara foram sugeridas soluções múltiplas como wetland, tanque de evapotranspiração e bio-sistema integrado, adequadas para áreas alagadiças com uso intensivo de água.

Tabela 3: Análise dos cenários reais com recomendações pelo aplicativo

Localidade	Características Ambientais Relevantes	Critérios Observáveis para Simulação	Tecnologias Esperadas	Tecnologias Recomendadas pelo App
Sanga do Engenho	Área rural com propriedades leiteiras; presença de poços artesianos e solo argiloso.	Uso de água para ordenha; ausência de rede de esgoto; lençol freático profundo.	Fossa séptica biodigestora; banheiro seco compostável.	Fossa séptica biodigestora.
Taquara	Comunidade agrícola com cultivo de arroz; alta umidade do solo.	Presença de áreas alagadas; uso intensivo de água para irrigação.	Wetlands; tanque de evapotranspiração.	Wetlands; tanque de evapotranspiração; biosistema integrado.
Sanga do Café	Localidade com pequenas propriedades agrícolas; uso de fossas rudimentares.	Baixo uso de água; ausência de rede de esgoto; solo bem drenado.	Banheiro seco compostável; fossa séptica biodigestora.	Ciclo de bananeiras.
Linha Dondossola	Região com propriedades voltadas à horticultura; uso de irrigação por gotejamento.	Alto uso de irrigação; solo bem drenado; distanciamento entre residências.	Tanque de evapotranspiração (TEvap); estocagem de urina.	Estocagem de urina; banheiro seco compostável; wetland.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos demais cenários, as diferenças observadas não comprometem a coerência das recomendações, mas indicam ajustes potenciais na árvore de decisão. No caso da localidade de Sanga do Café, o aplicativo indicou o ciclo de bananeiras, enfatizando o uso da biomassa local. Já em Linha Dondossola, foram sugeridas três tecnologias, incluindo o wetland, não previsto inicialmente, o que pode refletir uma abordagem complementar ao regime de irrigação por gotejamento presente na área.

Como exemplo da aplicação prática, a Figura 14 apresenta o conteúdo gerado em PDF para a localidade de Taquara, onde o aplicativo recomendou, entre outras tecnologias, a utilização de wetland, com descrição da funcionalidade, orientações de implementação, lista de materiais necessários e imagens ilustrativas.

Figura 14 - PDF gerado com recomendação da tecnologia Wetland para Taquara (Forquilha/SC).

Wetland

Usa plantas e pedras para limpar água suja naturalmente.

O Wetland é como um jardim especial que limpa a água suja. A água passa por pedras, areia e raízes de plantas, que tiram as impurezas. É como um filtro vivo!

Como Implementar

- Escolha um espaço no quintal para montar o filtro.
- Faça uma 'caixa' com camadas de areia, pedras e terra.
- Plante plantas que crescem bem na água, como taboas ou juncos.
- Conecte canos para levar a água usada para o filtro e de volta para onde será reutilizada.

O Que Precisa

- Areia, pedras e terra para montar o filtro.
- Plantas que ajudam a filtrar a água.
- Um espaço no quintal ou tanque.
- Canos ou tubulações simples para levar a água.

Imagens

**tratamento
ento Vertical**

o Poço
AC Saneamento
os em intervalos

Wetland de escoamento vertical
Filtro de areia, distribuição de efluentes
sobre toda superfície e dreno de fundo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este material pode ser salvo localmente ou impresso, servindo como um guia direto para a implantação da solução recomendada, alinhada às diretrizes técnicas para áreas com alta umidade e uso intensivo de água, como é o caso da comunidade agrícola analisada.

As simulações evidenciam que o aplicativo tem potencial para uso em campo, com alto grau de coerência entre as recomendações automatizadas e as soluções tradicionalmente adotadas com base em diretrizes técnicas, embora existam variações pontuais, elas refletem a flexibilidade da estrutura de decisão diante de critérios complexos e locais.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do aplicativo proposto neste trabalho representou uma oportunidade concreta de aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de Ciência da Computação a uma demanda social crítica, como a escolha adequada de tecnologias para o tratamento de esgoto em comunidades com baixa infraestrutura, uma união entre programação, design

de interface e lógica decisória permitiu a construção de uma ferramenta funcional, acessível e adaptada à realidade rural, contribuindo para a democratização do acesso à informação técnica.

A utilização das tecnologias como React Native para o desenvolvimento híbrido multiplataforma, SQLite para o armazenamento offline e expo-print para a geração de documentos em arquivo PDF, a aplicação foi estruturada com base em uma árvore de decisão programável que orienta o usuário, passo a passo, até a recomendação técnica mais adequada, sendo uma abordagem baseada em lógica booleana, permitiu automatizar o processo de seleção de soluções sanitárias, mesmo em contextos com conectividade limitada.

A análise dos resultados obtidos nas simulações reforçou a efetividade do sistema desenvolvido. As localidades selecionadas pertencem ao município de Forquilha, em Santa Catarina, e apresentam diferentes contextos ambientais e sanitários, como em Sanga do Engenho, a recomendação coincidiu com as expectativas técnicas, indicando a fossa séptica biodigestora como solução ideal para a realidade local, já na localidade de Taquara, o sistema sugeriu múltiplas tecnologias, tais como, wetlands, tanque de evapotranspiração e biossistema integrado, refletindo adequadamente a complexidade do ambiente alagadiço e a necessidade de soluções combinadas.

Na localidade de Sanga do Café, a recomendação do ciclo de bananeiras destacou a valorização de soluções baseadas em biomassa, alinhadas ao perfil de uso da água e características do solo, já em Linha Dondossola, a sugestão ampliada, incluindo o wetland além da estocagem de urina e do banheiro seco compostável, evidenciou a adaptabilidade do algoritmo a contextos com irrigação localizada e distanciamento entre residências.

Estes resultados demonstram consistência da lógica de decisão implementada e o potencial do aplicativo como ferramenta de apoio técnico em situações reais, oferecendo um suporte automatizado, porém sensível aos critérios locais, ainda que as variações pontuais tenham sido observadas, todas as recomendações mantiveram coerência com as diretrizes estabelecidas por instituições reconhecidas no setor.

Como trabalhos futuros, propõe-se o aprimoramento da estrutura de dados para permitir atualizações dinâmicas de perguntas e respostas, sem a necessidade de recompilação do aplicativo, bem como a integração de recursos georreferenciados que possam associar automaticamente

características ambientais ao perfil do usuário, e também, sugere-se a realização de testes em campo com profissionais da área e moradores locais, a fim de avaliar a usabilidade e impacto da ferramenta em situações reais na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

COSTA, L. de M. F. et al. **Ferramenta Eletrônica de Apoio a Decisão E2SI – Escolha de Esgotamento Sanitário Individualizado**. In: ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **31º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Fortaleza, Brasil, 2021. Forma de apresentação: Pôster, Eixo XII - Saneamento Rural, Subeixo 01 - Outros, Código do trabalho: 1024, Código do agendamento: ST-337.

EMRICH, A. L. **Ferramenta computacional para gerenciamento de lodo e melhoria de desempenho de reatores UASB tratando esgoto doméstico**. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, April 30 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/52453>.

FUNASA. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Funasa, 2019. 260 p. ISBN 978-85-7346-065-0. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483ebr.

GESAD - Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado. **Esquema representativo de um perfil longitudinal do wetland construído de escoamento subsuperficial horizontal - WCH**. 2024. Fonte: Acervo GESAD.

IRATNI, A.; CHANG, N.-B. **Advances in control technologies for wastewater treatment processes: status, challenges, and perspectives**. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2019, v. 6, n. 2, p. 337–363.

JÚNIOR, O. F. d. S. **Desenvolver uma solução computacional para otimização dos sistemas de resíduos em comunidades: protótipo desenvolvido no bairro dos Coelhos, Recife, PE**. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), February 2023. Mestrado Profissional em Gestão Ambiental. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/936>.

MOURA, L.; LANDAU, E. C.; FERREIRA, A. d. M. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. In: _____. **Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)**. Embrapa, 2020. cap. 8. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1063689/1/GeoSaneamentoCap08.pdf>.

PESSANHA, C. M. D. et al. **Uso de modelagem computacional aplicada à gestão sanitário-ambiental: uma proposta de adaptação da plataforma MOHID Water para corpos lênticos aplicada à lagoa Imboacica, Macaé-RJ.** [s.n.], 2012. v. 5. 45–70 p. Disponível em: <<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/book/view/2177-4560.20110015>>.

PIMENTEL, J. M. F. et al. **Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado na Bahia, de 2010 a 2016 / International hospitals for diseases related to inadequate basic sanitation in Bahia, from 2010 to 2016.** [s.n.], 2020. v. 3. 7945–7957 p. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/book/view/12999>>.

RIBEIRO, F. D.; MEDEIROS, A. G. de; GUEDES, M. J. F. **Ferramenta computacional aplicada ao pré-dimensionamento de estações de tratamento de esgoto por sistema australiano.** [s.n.], 2023. v. 9. 15712–15728 p. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/book/view/59631>>.

SHARMA, T. et al. **Wastewater Treatment and Multi-Criteria Decision-Making Methods: A Review.** IEEE Access, 2023, v. 11, p. 143704–143720.

TONETTI, A. L. et al. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.** [S.l.]: Biblioteca/Unicamp, 2018. ISBN 978-85-85783-94-5.