

DescarteJá: Software Colaborativo para Descarte de Resíduos Sólidos

Bruno A. A. Souza¹, Edvandro R. Pereira¹, Odette M. Passos¹, Rainer X. Amorim¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET),
Universidade Federal do Amazonas (UFAM) - Itacoatiara, AM - Brasil

bruno.amaro.gb@gmail.com, edvandro2009@gmail.com
raineramorim@ufam.edu.br, odette@ufam.edu.br

Abstract. *In August 2010, Brazil enacted Law No. 12,305/2010, known as the National Solid Waste Policy (PNRS), which seeks to address environmental, social, and economic issues related to solid waste management by promoting well-defined rules for all levels of society regarding shared responsibility, whether governmental, corporate, or individual. In this context, a solution based on computational mechanisms can be one of the main means of communication between public and private entities and society regarding their constitutional duties related to the PNRS. The objective of this research is to develop a digital platform that can inform all sectors of society where to dispose of their solid waste in a clear, direct manner, and anywhere in the country. In addition, the methodology consists of bibliographic research to formulate the necessary basis, allowing the construction of a matrix model capable of evolving and meeting the demands of service to its end users. Subsequently, the construction of the system began, giving life to DescarteJá, designed with the predisposition to support continuous updates by users, extending its useful life.*

Resumo. *Em agosto de 2010, o Brasil promulgou a Lei nº 12.305/2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que busca tratar dos problemas ambientais, sociais e econômicos relacionados à gestão de resíduos sólidos, promovendo regras bem definidas para todos os níveis da sociedade quanto à responsabilidade compartilhada, seja governamental, empresarial ou individual. Nesse contexto, uma solução oriunda em mecanismos computacionais pode ser um dos principais meios de comunicação entre entes públicos e privados e a sociedade quanto aos seus deveres constitucionais relacionados à PNRS. O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma plataforma digital que possa informar a todos os setores da sociedade onde descartar seus resíduos sólidos de forma clara, direta e em qualquer local do país. Além disso, a metodologia consiste em pesquisa bibliográfica para formular a base necessária, permitindo a construção de um modelo matricial capaz de evoluir e atender às demandas de atendimento aos seus usuários finais. Posteriormente, iniciou-se a construção do sistema, dando vida à DescarteJá, projetada com a predisposição de sustentar atualizações contínuas pela comunidade de usuários, estendendo sua vida útil.*

1. Introdução

O aumento populacional e a urbanização acelerada têm gerado desafios significativos para a administração dos resíduos sólidos, uma vez que este crescimento parece disparar a

quantidade de resíduos sólidos (RS) descartados de forma irregular, que no período compreendido entre os anos de 2010 a 2019, houve considerável aumento de 67 milhões para 79 milhões toneladas por ano (ABRELPE, 2020).

Além dos aumentos citados, a falta de informação social sobre seus deveres constitucionais pode ser um dos principais culpados para esse incremento em toneladas, este agravante consequentemente por sua vez pode resultar em graves consequências, como poluição do solo e da água, emissões de gases de efeito estufa e o desperdício de recursos naturais (UNEP, 2021).

Pensando nisso tudo, a idéia para a criação do DescarteJá é motivada a partir do combate ao descarte irregular dos RS, informar a sociedade de onde podem descartar seus RS, além de desenvolver a plataforma com o funcionamento descentralizado, onde a própria comunidade pode atualizar adicionando e removendo pontos de descarte no mapa, evidenciando a tecnologia como uma potencial aliada na busca de soluções criativas para problemas reais relacionado descarte dos RS (Kaza et al. 2018).

A proposta do DescarteJá é não apenas buscar minimizar drasticamente o descarte incorreto, mas maximizar a eficiência operacional de trabalhadores, reduzir a presença de resíduos em locais inadequados em qualquer região do país, promover a sustentabilidade e contribuir para cidades mais limpas e bem estar da população, acreditando na força coletiva da comunidade que terá o papel fundamental de alimentar o sistema, adicionando locais de descarte válidos e reais em sua região para que toda a população local possa ter acesso a informação destes e possam utilizá-lo, tendo resposta contra o descarte em terrenos e calçadas, deixando a segurança de que o usuário fez o correto ao descartar, seu exercício a cidadania e garantindo a vida do sistema (Ferreira, 2022).

Como metodologia, baseado na proposta do projeto, foram divididas em 2 etapas: a primeira foi a pesquisa bibliográfica, que buscou encontrar os principais trabalhos anteriores para a obtenção de uma fundamentação teórica e definir o modelo matricial do projeto. E a segunda etapa foi o desenvolvimento de um site para a internet que pode ser acessado por navegadores que apresenta um mapa com ruas e pontos de descarte prontos para serem visitados, funcionalidades de solicitação de adição, solicitação de remoção destes pontos e como complemento, o sistema de votação para que estas funcionalidades possam ser tomadas em conjunto.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é construir um software colaborativo que mapeia locais para descarte de resíduos sólidos em diferentes locais do país. Com isso, foram analisados sistemas de descarte de resíduos já desenvolvidos encontrados na literatura científica e, a partir destes resultados, foram encontradas ferramentas e tecnologias abordadas no desenvolvimento de cada ferramenta. E assim, foi desenvolvido um software colaborativo onde usuários possam encontrar locais para descartar seus resíduos sólidos no meio urbano.

Este documento está organizado da seguinte maneira: Seção 2 - aborda o Referencial Teórico; 3 - aborda os métodos de pesquisa; 4 - resultados e discussões das pesquisas; 5 - trata de apresentar a implementação do DescarteJá; 6 - aborda as considerações finais; e as referências.

2. Referencial Teórico

2.1. Conceitos Relacionados

2.1.1. Descarte de Resíduos Sólidos

A gestão de resíduos urbanos é um dos maiores desafios enfrentados pelas cidades modernas, especialmente em um cenário de crescimento populacional e urbanização acelerada. Os resíduos sólidos urbanos incluem uma variedade de materiais, como resíduos domésticos, comerciais, industriais e de construção. A gestão eficaz desses resíduos é essencial para minimizar os impactos ambientais negativos e promover a saúde pública. Os principais desafios no Brasil incluem a capacidade limitada de infraestrutura para coleta e tratamento, a baixa taxa de reciclagem e a crescente quantidade de resíduos gerados principalmente em pequenas cidades, segundo (Deus et al. 2020). A falta de uma gestão adequada pode levar a problemas como poluição do solo e da água, emissão de gases de efeito estufa e aumento dos custos associados ao tratamento e disposição dos resíduos.

Para ajudar a atender as políticas públicas, minimizar os problemas e difundir a conscientização ambiental são necessários sistemas e ferramentas estratégicas (Mellaré et al. 2014), as plataformas digitais de gestão tem se mostrado eficaz na otimização da gestão de resíduos. Tais sistemas permitem uma análise mais precisa dos dados de resíduos, facilitando a tomada de decisões mais informadas e melhorando a eficiência operacional. O DescarteJá se insere nesse contexto ao oferecer uma plataforma web que integra dados de diferentes fontes, permitindo uma visão abrangente sobre as boas práticas que contribuem com a gestão de resíduos. Esta abordagem é essencial para uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos urbanos, alinhando-se com práticas recomendadas e atendendo às necessidades operacionais e ambientais, assim evitando o descarte irregular de resíduos.

Os sistemas de informação para sustentabilidade desempenham um papel crucial ao integrar tecnologias digitais, além de práticas corretas e sustentáveis. Esses sistemas ajudam as cidades a alcançar objetivos de desenvolvimento sustentável, promovendo o uso eficiente dos recursos e reduzindo o impacto ambiental local. O DescarteJá é um exemplo claro de como um software pode contribuir para a sustentabilidade. Ao fornecer ferramentas para o mapeamento e descarte de resíduos, o DescarteJá não apenas melhora a eficiência dos processos de gestão, mas também facilita a conformidade com regulamentos ambientais e promove a reciclagem e a redução de resíduos.

Para garantir que sistemas como o DescarteJá funcionem de maneira eficiente e atendam às expectativas dos usuários, é fundamental garantir a qualidade de software. A qualidade do software é avaliada por meio de diversas métricas de código-fonte, que fornecem informações sobre aspectos técnicos como complexidade, manutenibilidade e eficiência. Métricas como a complexidade ciclomática, que mede o número de caminhos independentes no código, ajudam a identificar áreas do software que podem ser complexas e difíceis de entender ou manter. A coesão, que avalia o grau de interdependência entre os componentes de um módulo, e o acoplamento, que mede a dependência entre módulos diferentes, são métricas importantes para garantir que o software seja modular e fácil de manter. Outras métricas, como a cobertura de código, que indica a extensão do código testado, e a duplicação de código, que ajuda a identificar código redundante, também são essenciais para assegurar a qualidade e a robustez do software.

2.1.2. Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs)

Nos dias de hoje, criar algo novo no mundo da computação é um verdadeiro desafio por alguns fatores, um deles é a alta demanda em pesquisas científicas e desenvolvimento por parte de uma equipe e seus financiadores, seria necessário adentrar em muitas outras ciências para que pudesse desenvolver um modelo de criação de rotas em um mapa da forma que resista a criação em qualquer região, outras infinitas ciências para adentrar em um modelo de visualização de dados em mapa que tolere um fluxo de dados constante, sabendo disso para alcançar um modelo que seja economicamente viável, menos custoso seria necessário adotar diversas tecnologias já criadas e disponíveis no mercado, que graças a evolução tecnológica, proporcionaram o surgimento novas tecnologias que se espalharam globalmente, promovendo o compartilhamento do conhecimento e a comunicação, independentemente das distâncias geográficas (Rodrigues, 2016). Outro fator complicante seria o tempo, pois o custo da pesquisa não leva em conta o desenvolvimento do software o que poderia acarretar em mais custo e dedicação por parte dos envolvidos, portanto optar por modelos já criados é a opção que mais ganha força.

O nome que leva esse comportamento é Tecnologias da Informação e Comunicação, ou TICs que são a integração ou unificação de diversos sistemas e serviços para se alcançar um objetivo de tratando de software. Diante disso, uma rigorosa pesquisa científica se torna indispensável para que seja possível localizar as ferramentas que melhor se enquadram dentro das métricas do projeto, explorá-las e validar a etapa de testes se tornam menos custosas e gastam menos tempo.

2.2. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos de (Lima et al. 2022) buscou solucionar o problema do descarte irregular apostando IoT (Internet das Coisas) para o melhoramento do sistema de coleta de um campus IFPE/Campus Recife, alertando os usuários onde um caminhão de coleta deve passar estimando tempo e a localização, favorecendo uma coleta rápida e eficiente dos resíduos descartados ali, interagindo com a comunidade universitária daquele instituição e o monitoramento dos veículos da prefeitura via GPS (Global Positioning System).

Este trabalho desenvolve a ideia de cidades inteligentes específicas na área de gestão de resíduos sólidos, apresentando uma proposta dinâmica de descarte e coleta, evitando aglomeração dos RS nos pontos estratégicos no entorno daquele campus, um modelo de projeto pronto para ser aplicado em larga escala, abraçando uma cidade inteira.

A aplicação multiplataforma desenvolvida por (Oliveira et al. 2020) nos apresenta uma solução gamificada, investindo no sistema de recompensa ao descarte correto de resíduos sólidos registrados pelos usuários. A princípio a autora se preocupa em definir a relação entre o que seriam os resíduos sólidos e a PNRs, em seguida ela busca identificar o conhecimento de discentes discentes do Instituto Federal de São Paulo Campus São João da Boa Vista por meio de uma pesquisa de campo de corte transversal, análise de aplicativos existentes, desenvolvimento de um novo partir da pesquisa e submeter esta nova proposta para avaliação com usuários reais daquele mesmo Campus.

3. Metodologia

As metodologias a serem abordadas foram divididas em duas etapas: (i) Pesquisa Bibliográfica e (ii) Desenvolvimento de Software.

3.1. Pesquisa Bibliográfica

Na primeira etapa, foi aplicada a Pesquisa Bibliográfica que é um método que possibilita ao pesquisador conhecer e analisar as contribuições científicas já produzidas sobre determinado tema, servindo como base para a construção de novos conhecimentos (Lakatos Marconi, 2017), que neste sentido, buscou encontrar outras soluções de softwares que tratasse de resíduos sólidos desenvolvidas, em busca de encontrar conformidade tecnológica para a produção de um software atual e que tenha uma vida útil o mais longe possível, além de funcionar de forma colaborativa, sendo atualizado pela própria comunidade.

3.2. Desenvolvimento de Software

Na segunda etapa será realizado o desenvolvimento do software abordando as ferramentas e tecnologias encontradas na primeira etapa, garantindo a qualidade de software e o seu diferencial de ser colaborativo e atualizado pela comunidade, em relação a todos os outros sistemas encontrados na revisão bibliográfica, pois softwares colaborativos, mantidos por comunidades ativas, não só facilitam a inovação contínua, mas também asseguram maior robustez e adaptabilidade, já que são validadas por diversos contribuidores em cenários reais (Stol et al. 2019, p. 102).

4. Resultados e Discussões

Realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente focada no gerenciamento de resíduos urbanos, explorando tópicos como as estratégias de gestão, as inovações tecnológicas para otimização desse processo e o uso de aplicativos específicos para o controle de resíduos. A pesquisa foi conduzida utilizando bases de dados eletrônicas renomadas, incluindo a Biblioteca Digital em Computação (SOL), SciELO(Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico(Google Scholar), ScienceDirect e o Portal CAPES(Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

4.1. Questões de Pesquisa:

Q1 - Inovação e Desenvolvimento: Quais publicações oferecem novas soluções ou melhorias em softwares existentes para a gestão de resíduos urbanos? Estamos procurando entender como esses trabalhos propõem criar, modificar ou aprimorar tecnologicamente o setor.

Q2 - Plataformas e Ambientes Tecnológicos: Em quais plataformas ou ambientes esses softwares de gestão de resíduos estão sendo implementados, conforme discutido nas publicações? Esta questão visa identificar as tecnologias e infraestruturas envolvidas.

Q3 - Contexto de Aplicação: Qual é o contexto específico ou o cenário em que as aplicações de software são desenvolvidas nos estudos analisados? Buscamos entender onde e como essas tecnologias estão sendo aplicadas.

Q4 - Impacto Ambiental e Operacional: Quais são os impactos observados das aplicações tecnológicas no ambiente onde foram implementadas? Esta pergunta foca em avaliar os benefícios ou mudanças resultantes da adoção dessas soluções.

4.2. Bases de Dados:

Para assegurar que a pesquisa seja abrangente e forneça uma visão completa sobre as métricas de código-fonte e sua aplicação na gestão de resíduos urbanos, serão utilizadas as seguintes bases de dados acadêmicas e técnicas:

IEEE Xplore: A busca aqui proporcionará acesso a estudos de alta qualidade e metodologias inovadoras aplicadas ao desenvolvimento de software.

ACM Digital Library: Inclui uma ampla gama de publicações sobre engenharia de software, métricas de código-fonte e sistemas de gestão, sendo essencial para entender as práticas e tendências atuais no campo.

Scopus: Conhecida por seu amplo alcance em resumos e citações, Scopus ajudará a identificar uma variedade de estudos relevantes sobre métricas de software e gestão de resíduos.

Google Scholar: Ele complementa a pesquisa ao oferecer acesso a uma variedade de fontes e documentos relacionados ao tópico.

4.3. Critérios de Inclusão e Exclusão:

Inclusão:

1. Acesso: Os artigos devem ser acessíveis através de plataformas como: Biblioteca Digital em Computação (SOL), Google Acadêmico, SciELO (Scientific Electronic Library Online), ScienceDirect, Portal CAPES, ou estar disponíveis gratuitamente na web.
2. Idioma: Os artigos devem ser escritos em português de preferência.
3. Tipo de Publicação: Os artigos devem ser científicos, provenientes de periódicos ou eventos científicos relevantes para o gerenciamento de resíduos.
4. Período de Publicação: Os artigos devem ter sido publicados entre 2016 a 2024.
5. Extensão: Os artigos devem ser completos e ter pelo menos quatro páginas.
6. Natureza da Pesquisa: Os artigos devem apresentar resultados de pesquisas primárias.
7. Originalidade: Os artigos não devem ser duplicados entre si.

Exclusão:

- CE1 - Trabalhos que não abordam especificamente o gerenciamento de resíduos urbanos.
- CE2 - Trabalhos que não utilizam ou discutem tecnologias ou metodologias aplicadas ao contexto de resíduos.
- CE3 - Estudos que não contribuem diretamente para a compreensão ou melhoria do gerenciamento de resíduos urbanos.

4.4. Fontes de Pesquisa e String de Busca

Para atingir o objetivo do trabalho e responder às questões de pesquisa, a string de busca foi estruturada de acordo com a estratégia PICO (Population, Intervention, Comparison Outcomes) e definidas da seguinte forma:

(P) População: Gestão de Resíduos.

(I) Intervenção: Setor Urbano.

(C) Comparação: Não se aplica.

(O) Resultados: Software, Sistema, ferramenta, tecnologia.

O resultado segue o escopo:

P = (“Gestão de Resíduos” OR “Gerenciamento de Resíduos” OR “Controle de Resíduos” OR “Reciclagem de Resíduos” OR “Gerência de Resíduos”)

AND

I = (“Urbano” OR “Cidade” OR “Municipal”)

AND

O = (“Software” OR “Sistema” OR “Ferramenta” OR “Tecnologia”)

As fontes de pesquisa para obtenção dos resultados utilizadas foram bibliotecas digitais e fontes manuais, conforme listadas abaixo:

Biblioteca Digital em Computação (SOL): <https://sol.sbc.org.br/index.php/indice>

Google Acadêmico: <https://scholar.google.com.br>

SciELO (Scientific Electronic Library Online): <https://www.scielo.org/>

ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>

Portal CAPES: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>

4.5. Condução da Revisão Bibliográfica

Foi estabelecido um critério de inclusão (CI) específico para os artigos que superaram todos os critérios de exclusão (CE) previamente definidos. O critério de inclusão adotado é o seguinte: CI1: Artigos que avaliam software ou métodos para o gerenciamento de resíduos urbanos. A Tabela 2 apresenta o processo completo de filtragem até a seleção dos artigos que cumprem os critérios de inclusão (CI).

Na segunda coluna da tabela, intitulada “String de Busca”, são listados todos os artigos selecionados cujos títulos e resumos alinharam-se às questões de pesquisa definidas. A terceira coluna, denominada “COP”, inclui os artigos que atendem aos Critérios de Objetivo. A quarta coluna, “CO1-7”, destaca os artigos que satisfizeram aos Critérios de Objetivo estabelecidos. A quinta coluna, “CE1-3”, relaciona os artigos que passaram pelos critérios de exclusão. Finalmente, a última coluna, “CI”, exibe os artigos que cumpriram integralmente os critérios de inclusão, resultando em um total de 6 artigos selecionados.

4.6. Desafios no Desenvolvimento da Plataforma

Depois de analisar características relevantes obtidas na análise das pesquisas, optou-se por: (i) utilizar a linguagem de programação JavaScript para todo o gerenciamento das funcionalidades, banco de dados e algumas animações do site, (ii) para a visualização foi utilizado o deck.gl, que se trata de uma biblioteca de renderização de mapas, possuindo algumas configurações de camadas que auxiliam o sistema, (iii) serviços de APIs (Interface de Programação de Aplicações) como o Open Source Route Machine (OSRM), que

Tabela 1. Quantidade de artigos retornados

Mecanismo de Busca	String Base	COP	CO1-7	CE1-3	CI
Google Acadêmico	30	19	19	16	3
SOL/SBC	17	10	10	7	3
ScienceDirect	15	5	5	4	1
CAPES	11	8	8	6	2
Total	73	42	42	33	9

permite a criação de rotas dinâmicas a partir da posição do dispositivo do usuário e um alvo escolhido, (iv) os temas claro e escuro no mapa para melhorar a visualização, (v) para os pontos de descarte apresentados aos usuários, ícones interativos informam a posição destes no mapa.

No início do desenvolvimento, a escalabilidade dos pontos foi o fator de maior preocupação, uma vez que a robustez da biblioteca deck.gl permite carregar por volta de 10.000 pontos sem apresentar falhas. Pensando na explosão de pontos adicionados, um gerenciador de busca implementado permite carregar apenas os pontos mais próximos da localização do usuário caso a base de dados cresça na casa das dezenas de milhares, além de estratégias de exibição que apenas mostram o mapa depois dos pontos estarem carregados.

Como não foi possível obter dados dos pontos em uma base, a equipe de desenvolvimento coletou em ambiente externo, coordenadas de 72 pontos de descarte públicos na cidade de Itacoatiara - AM, tratando e adicionando estes no banco de dados do DescarteJá, pontos posteriores já podem ser adicionados direto da plataforma.

Depois de estabelecer estes requisitos e determinar essas observações, o modelo matriz do software já está definido e um MVP (Produto Mínimo Viável) pode ser montado para testes controlados com estas ferramentas.

5. Implementação do DescarteJá

5.1. Arquitetura do DescarteJá

A arquitetura adotada pelo DescarteJá é a arquitetura em camadas, pois é própria para sistemas promissores e oferece um modelo de organização capaz de suportar escalabilidade elevada. A arquitetura em camadas, também conhecida como layered architecture, é um padrão de design de software que organiza um sistema em diferentes camadas ou níveis de abstração. Cada camada tem uma responsabilidade específica e se comunica com as camadas adjacentes por meio de interfaces bem definidas. Neste modelo, adotaremos 4 camadas para melhor representar a organização do sistema: a camada de Apresentação, APIs, Aplicação e Banco de Dados. Dentro deste contexto, abaixo segue a descrição de cada camada e representação arquitetural do sistema DescarteJá:

1. Camada de Apresentação: É responsável pela interface com o usuário. Trabalha com tudo que o usuário vê e interage, como formulários, modais e componentes visuais como animações. Neste projeto será implementado utilizando HTML, o template EJS, CSS e JavaScript.
2. APIs: APIs são mecanismos que permitem que dois componentes de software se comuniquem usando um conjunto de definições e protocolos. Por exemplo,

- o sistema de software do instituto meteorológico contém dados meteorológicos diários. Neste projeto os estilos de mapa serão fornecidos por um serviço externo e open-source do site Carto, assim como as funcionalidades de criar rotas no mapa que também serão alimentadas por uma API externa, todos esses serviços são unificados e tratados com módulos da biblioteca de renderização, o deck.gl.
3. Camada de Aplicação: Nesta parte é onde trabalharemos com a lógica principal do site. Coordena a funcionalidade geral e o fluxo de dados através do sistema, processando comandos e executando regras de negócio conforme extraídos do mapeamento. No nosso sistema, é onde o back-end será administrado juntamente com as comunicação entre as funcionalidades e páginas, onde o middleware é configurado, administrando o funcionamento do sistema, comunicação com o banco de dados e toda a regra de negócio do site. O roteamento completo do sistema, as queries (consultas), envio de e-mails, validações gerais, funcionalidades do sistema e atualizações acontecem por aqui.
 4. Banco de Dados: Guarda os dados do sistema de forma segura, para que os mesmos possam ser recuperados posteriormente. Foi usado um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) relacional MySQL, que fornece e grava informações necessárias para as funcionalidades do sistema, guardando usuários, registrando suas solicitações, e movendo registros de uma tabela para outra.

5.2. Regras da Plataforma

Para garantir a organização e padronização dos pontos de descarte enviados e avaliados pelos usuários, regras de uso da plataforma foram definidas e programadas, aqui estão as principais: (i) o sistema suporta envios de solicitações de qualquer região do país, (ii) o solicitante deve escolher dentre as opções, qual o título do ponto, quais resíduos são descartáveis ali e uma de referência da localização, (iii) o sistema tolera apenas um voto de um usuário em um ponto, (iv) cada ponto precisa de 10 votos distintos, positivos ou negativos para ser aprovado ou reprovado, (v) cada solicitação deve ser de um ponto real e público, (vi) os avaliadores devem ser éticos, votando apenas em pontos de sua região, (vii) se um ponto não existir, este pode ser reclamado pela comunidade para a remoção. Uma aba de termos pode ser encontrada no rodapé da tela principal, onde estas e outras instruções são esclarecidas de forma mais ampla.

5.3. Telas do DescarteJá

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados a telas do DescarteJá¹ em pleno funcionamento. A Figura 1 (a) apresenta a página inicial. A Figura 1 (b) exibe o mapa dos ponto de descarte com uma rota criada. E a Figura 1 (c) mostra informações sobre um ponto de descarte. A Figura 2 (a) demonstra o tutorial de uso do mapa. A Figura 2 (b) exibe o perfil do usuário. A Figura 2 (c) apresenta o formulário de solicitação de uma proposta de um ponto de descarte em determinada região.

¹<https://descarte.vercel.app/>

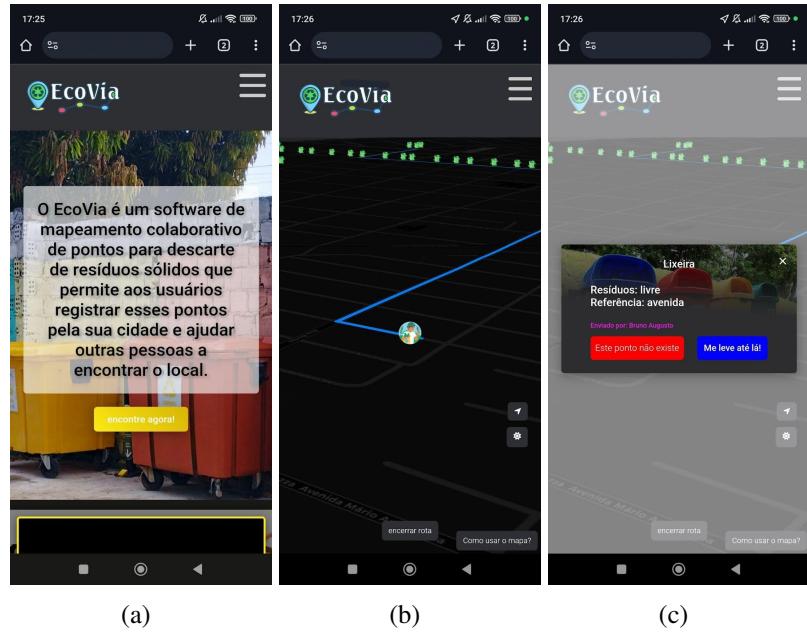


Figura 1. Telas do DescarteJá: (a) Tela inicial, (b) Tela do mapa do software e (c) Cartão de exibição de um ponto de descarte

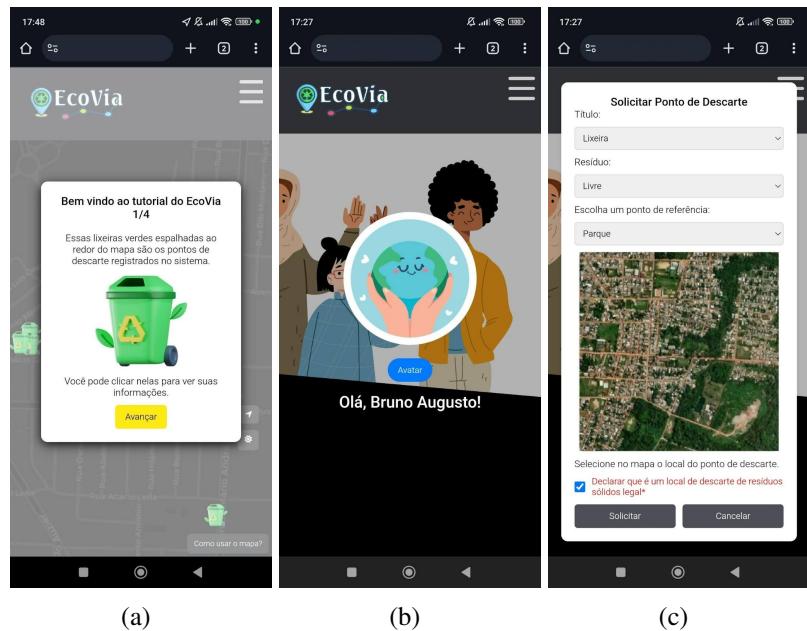


Figura 2. Telas do DescarteJá: (a) Tutorial de uso do mapa, (b) Perfil do usuário e (c) Formulário de solicitação de um ponto de descarte dentro do DescarteJá

6. Considerações Finais

Os objetivos deste projeto foram alcançados e entregues por meio das metodologias descritas, o software está disponível em sua versão web e pode ser acessado por dispositivos móveis e computadores. Ao acessar o sistema, qualquer usuário mesmo sem login pode utilizar o mapa local para visualizar os pontos de descarte enviados e aprovados pela própria comunidade, além disso, qualquer usuário pode usar a funcionalidade de criar rotas para que o sistema crie um caminho da sua posição atual até o ponto de descarte desejado, localizado no mapa. Caso o usuário queira contribuir votando em pontos enviados pela comunidade ou queira ele mesmo fazer uma solicitação de um ponto ainda não adicionado, este usuário deve se registrar no sistema, desbloqueando estas novas funcionalidades.

Os pontos de descarte da cidade de Itacoatiara - AM se encontram quase que em sua totalidade registrados no sistema, pois foram obtidos por meio de coleta externa entre os meses de outubro de 2024 e fevereiro de 2025, adicionados ao sistema como o dataset raiz real que serviu como teste das funcionalidades e preenchendo o mapa da cidade com pontos públicos reais que podem ser acessados a qualquer momento.

Em 2025 o sistema possui todas as suas funcionalidades implementadas e está pronto para receber dados de outras cidades e de outras regiões via solicitação e votação, apresentando um bom desempenho e eficiência no carregamento dos pontos e geração de rotas aos usuários. Embora a dificuldade preliminar na utilização da biblioteca do deck.gl para renderizar o mapa corretamente, nossas expectativas pessoais foram alcançadas no desenvolvimento do sistema.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. São Paulo: ABRELPE, 2020. Disponível em: <https://www.meuresiduo.com/news/panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil-edicao-2020/>. Acesso: 20 fev. 2025.

Deus, R. M., Mele, F. D., Bezerra, B. S., Battistelle, R. A. (2020). Analytical framework and data for a municipal solid waste environmental performance assessment. Data in brief, 28, 105085.

Ferreira, Marcos Rogério; Schiavon, Gilson Junior. Coleta seletiva e educação ambiental: como um aplicativo móvel pode auxiliar na implantação da política nacional de resíduos sólidos em um município. Engenharia, Gestão e Inovação, Vol 4, p. 67, 2022.

Kaza, Silpa; Yao, Lisa Congyuan; Bhada Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank; Martin, Thierry Michel Rene; Serrona, Kevin Roy B.; Thakur, Ritu; Pop, Flaviu; Hayashi, Shiko; Solorzano, Gustavo; Alencastro Larios, Nadya Selene; Poveda Maimoni, Renan Alberto; Ismail, Anis. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Série de Desenvolvimento Urbano Washington, D.C.: Grupo Banco Mundial.

Lakatos, Eva Maria; Marconi, Marina de Andrade. Metodologia do trabalho científico. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Lima, I. de A.; Pavão, L. H. F.; Gomes, L. B. B.; Ferraz, M. H. S.; Sales, A. T. M.; Moreira, A. L. S.; Domingues, M. A. O. Implementação de um sistema para auxílio na

coleta dos resíduos sólidos urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL DE COMPUTAÇÃO DOS INSTITUTOS FEDERAIS (ENCOMPIF), 9. , 2022, Niterói. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022 . p. 77-84. ISSN 2763-8766.

Melaré, Angelina; González, Sahudy; Faceli, Katti. Ferramenta AcheSeuEcoponto: aproximando a população dos pontos de coleta de resíduos sólidos urbanos. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (WCAMA), 5. , 2014, Brasília.

Oliveira, F. C. de. Desenvolvimento de um Aplicativo Multiplataforma, Gamificado e colaborativo “Descarte aqui” na área de Resíduos Sólidos. Dissertação (Programa de Mestrado e Doutorado em Tecnologia Ambiental). Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP. 2020

Rodrigues, Ricardo B. (2016). Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação. Recife: IFPE.

Sauro, Jeff; Lewis, James R. Quantificando a experiência do usuário: estatísticas práticas para pesquisa de usuários. Morgan Kaufmann, 2016.

Stol, K.-J., Fitzgerald, B., O’Sullivan, P. Leveraging Crowdsourcing for Software Quality: The Role of Diverse Feedback. IEEE Software, 36(2), 98-105. 2019.

UNEP, 2021 – United Nations Environment Programme. “Environmental Rule of Law: Tracking Progress Globally”. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/37946/UNEP_AR2021.pdf Acesso: 02 fev. 2025.