



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS FLORIANO
CURSO: TECNÓLOGO EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

HERBERT GABRIEL DE ALENCAR MORAIS

**REPLANTAR: Sistema para gestão de doações e apoio à adoção de mudas
arbóreas**

FLORIANO
2025

HERBERT GABRIEL DE ALENCAR MORAIS

REPLANTAR: Sistema para gestão de doações e apoio à adoção de mudas
arbóreas

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Floriano.

Orientador: Prof. Dr. Robson Almeida Borges de Freitas.

FLORIANO

2025

REPLANTAR: Sistema para gestão de doações e apoio à adoção de mudas arbóreas

Herbert Gabriel de Alencar Moraes¹
Robson Almeida Borges de Freitas²

RESUMO

O presente trabalho analisou o sistema Replantar, uma solução digital desenvolvida para organizar e otimizar o processo de doação e adoção de mudas arbóreas no programa Adote uma Árvore, do IFPI – Campus Floriano. A pesquisa teve como objetivo avaliar a adequação da plataforma ao fluxo real do programa, verificando sua capacidade de registrar solicitações, consolidar informações e apoiar a gestão ambiental institucional. A metodologia envolveu a modelagem técnica do sistema, a alimentação do banco de dados com registros reais e a análise dos indicadores gerados no painel de gestão. Os resultados demonstraram que o sistema foi capaz de sistematizar os dados de forma clara e eficiente, permitindo visualizar a dinâmica temporal das doações, a diversidade de espécies distribuídas e o alcance territorial do programa. Também foi possível identificar o impacto ecológico estimado das doações, como área reflorestada e potencial de mitigação de carbono. Apesar disso, foram observadas limitações, especialmente relacionadas à inserção manual de fichas físicas, à ausência de dados completos nos registros e ao retrabalho necessário em casos de inconsistências. Ainda assim, o Replantar mostrou-se uma ferramenta promissora para fortalecer a gestão ambiental e ampliar o engajamento comunitário em ações de reflorestamento.

Palavras-chave: gestão ambiental; reflorestamento; tecnologia educacional; arborização; sustentabilidade.

ABSTRACT

This study analyzed the Replantar system, a digital solution developed to organize and optimize the donation and adoption process of tree seedlings in the "Adopt a Tree" program at IFPI – Campus Floriano. The research aimed to evaluate the platform's suitability to the program's actual workflow, verifying its ability to register requests, consolidate information, and support institutional environmental management. The methodology involved the technical modeling of the system, the feeding of the database with real records, and the analysis of the indicators generated in the management panel. The results demonstrated that the system was able to systematize the data clearly and efficiently, allowing visualization of the

¹ Graduando do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. IFPI - Campus Floriano. caflo.2021114tads11@aluno.ifpi.edu.br.

² Doutor em Ciência da Propriedade Intelectual pela Universidade Federal de Sergipe. IFPI - Campus Floriano. robson.freitas@ifpi.edu.br.

temporal dynamics of donations, the diversity of species distributed, and the territorial reach of the program. It was also possible to identify the estimated ecological impact of the donations, such as reforested area and carbon mitigation potential. Despite this, limitations were observed, especially related to the manual insertion of physical forms, the absence of complete data in the records, and the rework required in cases of inconsistencies. Nevertheless, Replantar has proven to be a promising tool for strengthening environmental management and expanding community engagement in reforestation efforts.

Keywords: environmental management; reforestation; educational technology; afforestation; sustainability.

Data de aprovação: 11/12/2025

1 INTRODUÇÃO

As crescentes mudanças climáticas, provocadas por atividades humanas como o desmatamento, a urbanização desordenada e a emissão excessiva de gases poluentes, representam desafios ambientais urgentes e complexos. Esses fenômenos têm intensificado a ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, enchentes e longos períodos de seca, impactando diretamente a qualidade de vida da população e exigindo soluções sustentáveis em múltiplas escalas.

No Brasil, o desmatamento tem sido historicamente um fator crítico para o agravamento das mudanças climáticas, provocando alterações nos padrões de temperatura do ar, especialmente na região amazônica, e contribuindo para o aquecimento global e a perda de biodiversidade (Ribeiro *et al.*, 2023). Apesar de dados recentes do sistema DETER-B do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicarem uma redução de 45,7% na taxa de desmatamento entre agosto de 2023 e julho de 2024 em comparação ao período anterior, os desafios permanecem. Enquanto isso, o INPE registrou mais de 22 mil focos de incêndio na Amazônia do início de 2024 até o final de julho — o maior número para esse período desde 2005 — representando um aumento de 77% em relação aos primeiros sete meses de 2023, quando foram registrados cerca de 12,7 mil focos (Viana, 2024).

Esse crescimento alarmante está associado às secas severas e ao aquecimento global, que elevam a inflamabilidade das florestas, tornando-as mais

suscetíveis a incêndios. Além disso, atividades humanas como o desmatamento e as queimadas continuam a provocar secas extremas e incêndios florestais, afetando o papel da floresta na regulação do clima global (Brandão; Arieira; Nobre, 2024). Apenas 7,8% da Amazônia servem atualmente como refúgio climático — áreas que mantêm condições ambientais mais estáveis e funcionam como abrigo para espécies vegetais e animais diante das mudanças climáticas. No entanto, entre 2000 e 2012, o desmatamento resultou na perda de 1,2% dessas áreas sensíveis (Torres-Amaral *et al.*, 2024). A proteção dessas regiões é urgente para garantir a resiliência ecológica da floresta amazônica. Considerando esse panorama, torna-se essencial investir em estratégias de mitigação e recuperação ambiental.

A arborização urbana, nesse contexto, configura-se como uma solução eficaz para combater os efeitos do desmatamento e das mudanças climáticas, promovendo a restauração ecológica e a melhoria da qualidade de vida nas cidades. Segundo Cecchetto, Christmann e Oliveira (2014), a arborização contribui para a qualidade ambiental das cidades, proporcionando benefícios como conforto térmico, controle da poluição e melhoria do microclima. Além disso, a presença de áreas verdes impacta positivamente na saúde física e mental dos cidadãos (Sousa; Sousa; Sousa, 2022). No entanto, os dados ainda são preocupantes: segundo Moura (2024), apenas 6,9% das áreas urbanas brasileiras possuem cobertura vegetal, o que equivale a cerca de 283,7 mil hectares – metade do território do Distrito Federal. Essa baixa presença de vegetação favorece o surgimento de ilhas de calor e agrava os efeitos das mudanças climáticas nas cidades, tornando ainda mais urgente a adoção de políticas públicas e ações comunitárias voltadas à ampliação da arborização.

Apesar da importância da arborização, muitas instituições públicas e comunidades enfrentam desafios na organização, monitoramento e engajamento popular em programas de plantio. Para enfrentar essas limitações e potencializar os resultados dessas ações, ferramentas digitais surgem como alternativas importantes para estimular o envolvimento da sociedade e facilitar o acompanhamento de iniciativas ambientais. Como destacam Caldeira *et al.* (2024), a tecnologia apresenta-se como uma ferramenta capaz de impulsionar mudanças significativas

nos padrões de consumo e produção, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, destaca-se o programa “Adote uma Árvore”, existente no Instituto Federal do Piauí – Campus Floriano desde 2005, o qual exerce papel fundamental no incentivo ao reflorestamento e na promoção da conscientização ambiental. Nesse programa, realiza-se o processo de doação de mudas, que envolve a produção, o cuidado e a entrega das plantas à comunidade. Por sua vez, a adoção de mudas consiste na iniciativa voluntária de indivíduos interessados em receber essas mudas e plantá-las em diferentes locais, como quintais, chácaras, sítios ou áreas rurais, contribuindo para a ampliação da arborização para além do espaço urbano. Com o objetivo de organizar e sistematizar essas demandas, adotou-se o uso do sistema Replantar, uma plataforma web e móvel previamente desenvolvida no IFPI – Campus Floriano pelo Prof. Dr. Robson Almeida Borges de Freitas, utilizando o framework Django, e empregada neste trabalho como objeto de análise para avaliar sua aplicabilidade no processo de solicitação e gestão das doações.

Ressalta-se que o sistema Replantar não realiza diretamente ações de arborização, como o plantio de mudas; sua função está centrada na logística da doação e na mediação entre a instituição e os usuários interessados em adotar as mudas. No momento da solicitação, o usuário deve preencher informações como o nome da espécie desejada, a quantidade de mudas e o local de plantio. O sistema também permite ao usuário acompanhar o status de suas solicitações, visualizando se foram aprovadas, reprovadas ou estão pendentes, além de consultar uma lista atualizada das espécies de mudas disponíveis para adoção.

Adicionalmente, a plataforma disponibiliza um painel com gráficos informativos sobre as doações realizadas ao longo do tempo, visando transparência e incentivo ao engajamento da comunidade acadêmica e externa nas ações ambientais do campus.

Diversos estudos ressaltam o potencial das tecnologias digitais no incentivo à participação comunitária e na disseminação de práticas sustentáveis. Por exemplo,

Moster, Azevedo e Martins (2021) destacam que aplicativos móveis interativos aplicados à arborização urbana podem atuar como ferramentas de educação ambiental, facilitando o acesso a informações e promovendo a conscientização ecológica. Além disso, Silva, Aguiar e Jurado (2020) enfatizam que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) podem polinizar projetos criativos ecoformadores, contribuindo para a educação ambiental ao ressignificar práticas pedagógicas e envolver a comunidade escolar em ações sustentáveis.

Da mesma forma, Santos e Cardoso (2009) analisam a inclusão digital como elemento facilitador para o desenvolvimento local, avaliando os ganhos sociais proporcionados pelo acesso à internet por meio de telecentros comunitários, o que pode indicar tendências de desenvolvimento local a partir da ampliação do uso das TICs em regiões caracterizadas por pobreza extrema.

Seguindo essa linha, estudos indicam que plataformas digitais podem ampliar os espaços de participação cidadã e fortalecer a democracia ao facilitar a comunicação e a mobilização comunitária em torno de questões relevantes (Rossetto, Carreiro e Silva, 2015). Além disso, a internet tem se mostrado uma ferramenta poderosa na indução da participação política e no engajamento em ambientes digitais, especialmente entre os jovens (Magnoni, Camargo e Miranda, 2017).

Diante dessa realidade, surge a necessidade de analisar o funcionamento do sistema Replantar, verificando se ele é capaz de atender às demandas do programa Adote uma Árvore, promover o engajamento da comunidade acadêmica e externa em ações ambientais. Para tanto, entende-se que o processo realizado pelo programa, assenta-se em duas vertentes independentes em termos de atores, mas relacionados em termos de ação e efeito. Trata-se do ato de “doar” e “adotar”.

A doação, no contexto ambiental, pode ser compreendida como o ato voluntário de transferir a posse de bens ambientais — neste caso, mudas arbóreas — com a finalidade de apoiar iniciativas coletivas, educativas ou ecológicas. Já a adoção, por sua vez, refere-se ao ato voluntário, assumido pelo adotante, de plantar e cuidar a muda recebida, inserindo-se em um movimento de corresponsabilidade ambiental.

Nesse sentido, questiona-se:

1- O sistema Replantar é funcional quando alimentado com dados reais em larga escala?

2- Como a plataforma pode aprimorar o engajamento entre doadores e adotantes de mudas, incentivando um processo sustentável de interação?

3- De que forma os recursos da plataforma podem facilitar a tomada de decisão e a efetivação de doações e adoções de mudas arbóreas?

Com base nesses questionamentos, tem-se como objetivo geral: Analisar o sistema Replantar, desenvolvido no IFPI – Campus Floriano, quanto à sua adequação ao programa Adote uma Árvore.

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Documentar o sistema Replantar em linguagem técnica de modelagem de projetos.
- Verificar, com dados reais do programa, a performance do sistema Replantar em cenários de uso, incluindo os processos dedicados aos adotantes.
- Analisar a adequação dos gráficos de indicadores exibidos no painel de gestão como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A tecnologia da informação tem desempenhado um papel cada vez mais relevante no enfrentamento de problemas ambientais, especialmente no apoio a estratégias de reflorestamento. Para tanto, destaca-se nesta seção, esforços realizados e coletados no âmbito teórico e prático.

2.1 SISTEMAS DE REFLORESTAMENTO

O avanço das tecnologias digitais têm possibilitado novas abordagens para otimizar a escolha de espécies em projetos de restauração ecológica. Estudos como o de Wang *et al.* (2021) evidenciam esse cenário ao apresentar a *Restoration Plant Species Selection (RPSS) Platform*, uma ferramenta web desenvolvida para automatizar o processo de escolha de espécies vegetais com base em características funcionais. Entre essas características estão, por exemplo, a espessura da folha, que pode indicar resistência à seca; a quantidade de poros nas

folhas (estômatos), que afeta a respiração da planta; e a capacidade de realizar fotossíntese de forma eficiente, mesmo em condições adversas. Esses fatores ajudam a identificar as espécies com maior chance de sobreviver e se desenvolver em áreas degradadas. A aplicação da ferramenta demonstrou altos índices de sobrevivência nos espécimes selecionados, contribuindo para maior eficiência em projetos de reflorestamento. Esse tipo de abordagem evidencia como sistemas web podem aumentar a precisão técnica de processos de restauração, fornecendo subsídios diretos para o desenvolvimento do Replantar.

No que diz respeito ao monitoramento remoto e contínuo de áreas reflorestadas, pesquisas como a de Jiang *et al.* (2022) destacam o uso de tecnologias emergentes para acompanhar a evolução da cobertura vegetal. Os autores propuseram o conceito de “gêmeos digitais” florestais, que consistem em representações virtuais de ecossistemas reais baseadas em dados ambientais e modelos computacionais, integrando imagens de satélite com redes neurais do tipo LSTM (*Long Short-Term Memory*), um modelo de inteligência artificial capaz de aprender padrões ao longo do tempo e realizar previsões a partir de séries temporais de dados. Essa estratégia amplia as possibilidades de avaliação em tempo real e planejamento estratégico em projetos de restauração, contribuindo para a tomada de decisões mais assertivas.

Além de promover o monitoramento técnico das ações ambientais, é fundamental compreender como plataformas digitais comunitárias contribuem para o engajamento social em projetos de reflorestamento. Estudos como o de Urzedo, Westerlaken e Gabrys (2022) têm demonstrado que ferramentas como Restor e TreeApp não apenas ampliam o alcance das iniciativas ecológicas, mas também fortalecem a participação cidadã, o financiamento colaborativo e a transparência na gestão dos dados. Essa integração entre tecnologia e envolvimento comunitário é essencial para garantir que plataformas como o Replantar sejam não apenas eficientes em sua função logística, mas também catalisadoras de adesão social e corresponsabilidade ambiental.

Olhando para o futuro, é fundamental considerar o papel das tecnologias interativas no aprimoramento das estratégias de reflorestamento. Pesquisas como as de Dool e Bidwai (2024) destacam o uso de painéis interativos integrados a

dados de satélite e indicadores meteorológicos para monitorar em tempo real a saúde das árvores em áreas reflorestadas. A ferramenta proposta permite a seleção dinâmica de datas e regiões, possibilitando a visualização de índices como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), NDWI (*Normalized Difference Water Index*) e mSAVI-2 (*Modified Soil-Adjusted Vegetation Index*), que são indicadores derivados de imagens de satélite utilizados para avaliar, respectivamente, o vigor da vegetação, o teor de umidade e a influência do solo no crescimento das plantas. Essa tendência representa um avanço importante na gestão florestal ao permitir decisões baseadas em dados atualizados e acessíveis, reforçando o potencial de plataformas como o Replantar para tornar o monitoramento ambiental mais eficiente.

2.2 INICIATIVAS DE REFLORESTAMENTO EM NÚMEROS

No âmbito das estimativas globais de potencial de reflorestamento, estudos como o de Fesenmyer *et al.* (2025) têm desempenhado um papel fundamental ao oferecer projeções numéricas que orientam estratégias locais e internacionais. Os autores elaboraram mapas de alta resolução que identificam cerca de 195 milhões de hectares disponíveis para restauração florestal em todo o mundo. De acordo com as análises, essas áreas possuem o potencial de sequestrar aproximadamente 1,5 bilhão de toneladas de CO₂ por ano, representando uma contribuição significativa para a mitigação das mudanças climáticas. Embora se trate de uma abordagem macro, os dados reforçam a importância de ações locais, como as propostas pelo Replantar, dentro de um esforço coletivo de escala planetária.

Complementando esse panorama em escala global, Palos-Sanchez e Saura (2018) analisaram o impacto de mecanismos inovadores de financiamento ambiental, como o *search-to-plant* promovido pelo motor de busca Ecosia. O estudo demonstra que, apenas em 2017, cerca de 11,5 milhões de árvores foram plantadas a partir das receitas geradas pelas buscas online dos usuários. Esse modelo evidencia como ações cotidianas podem ser transformadas em instrumentos sustentáveis de arrecadação de recursos para reflorestamento, oferecendo uma alternativa inspiradora para plataformas como o Replantar.

Dentre as experiências institucionais com resultados mensuráveis, destaca-se o estudo de Pinheiro *et al.* (2021), que analisou o programa de doação de mudas da

Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas. A iniciativa distribuiu 12.641 mudas entre 2019 e 2020, sendo 8.336 de espécies arbóreas nativas e 4.305 medicinais, com 90% das solicitações feitas por pessoas físicas. O programa teve abrangência significativa, com doações realizadas para 44 municípios de Minas Gerais e 87 de São Paulo, além de registros em localidades distantes como Belém (PA). Apesar da redução de 74% nas entregas em 2020 em decorrência da pandemia, os dados reforçam o potencial das ações locais na promoção da biodiversidade, na valorização biocultural e no fortalecimento de práticas comunitárias sustentáveis — perspectivas relevantes para a proposta do Replantar.

Nesse mesmo escopo de análise quantitativa, Simões *et al.* (2021) conduziram um estudo sobre a viabilidade econômica de projetos de reflorestamento com mudas em recipientes no Brasil. Os resultados apontaram que o uso de mudas em recipientes biodegradáveis (Ellepot®) gerou uma taxa média de sobrevivência de 82% após um ano de plantio, superando os métodos tradicionais como os sacos de polietileno. Em termos de custo, o plantio com Ellepot® apresentou uma média de USD 1.508,05 por hectare, significativamente menor que os USD 2.623,05 por hectare associados aos sacos convencionais. Além disso, a aquisição de mudas representou entre 29,49% e 50,12% do custo total do projeto, revelando-se um dos fatores de maior impacto financeiro. Esses achados reforçam a importância de estratégias que priorizem eficiência e sustentabilidade, mesmo que demandem investimentos iniciais mais elevados — elemento crucial para iniciativas como o Replantar, que visam o sucesso a longo prazo da restauração ambiental.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracterizou-se como aplicada, pois visou solucionar um problema prático: a necessidade de sistematizar e otimizar a gestão da doação e adoção de mudas arbóreas no âmbito do programa Adote uma Árvore, do IFPI – Campus Florianópolis, por meio da análise de uma solução tecnológica desenvolvida para esse fim, o sistema Replantar. Para embasar a metodologia, seguiram-se os escritos de Sommerville (2003), Gil (2017) e Yin (2015).

Quanto aos objetivos, tratou-se de uma pesquisa descritiva e exploratória. Foi considerada exploratória por buscar aprofundar o conhecimento sobre a

funcionalidade e aplicabilidade de uma plataforma digital em um contexto socioambiental específico, e descritiva ao propor-se a registrar e interpretar as características operacionais do sistema, suas funcionalidades, desempenho e contribuições potenciais à gestão ambiental do programa em questão.

Do ponto de vista dos procedimentos metodológicos, a pesquisa compreendeu três abordagens principais: documental, voltada à análise das funcionalidades implementadas no sistema Replantar e da documentação técnica associada; estudo de caso, centrado na aplicação prática do sistema no contexto do programa Adote uma Árvore, envolvendo dados e fluxos reais de uso; e pesquisa de campo, por envolver a simulação e alimentação real do sistema com dados oriundos do programa institucional.

A abordagem metodológica adotada foi qualitativa, com interpretações acerca da interface, funcionalidades e adequação do sistema às necessidades do programa ambiental. As etapas da pesquisa envolveram, inicialmente, a documentação do sistema Replantar, por meio de uma descrição técnica estruturada de suas funcionalidades, utilizando técnicas de modelagem de projetos como fluxogramas, diagramas de casos de uso e modelos entidade-relacionamento, com o objetivo de consolidar o entendimento sobre sua arquitetura e fluxos operacionais.

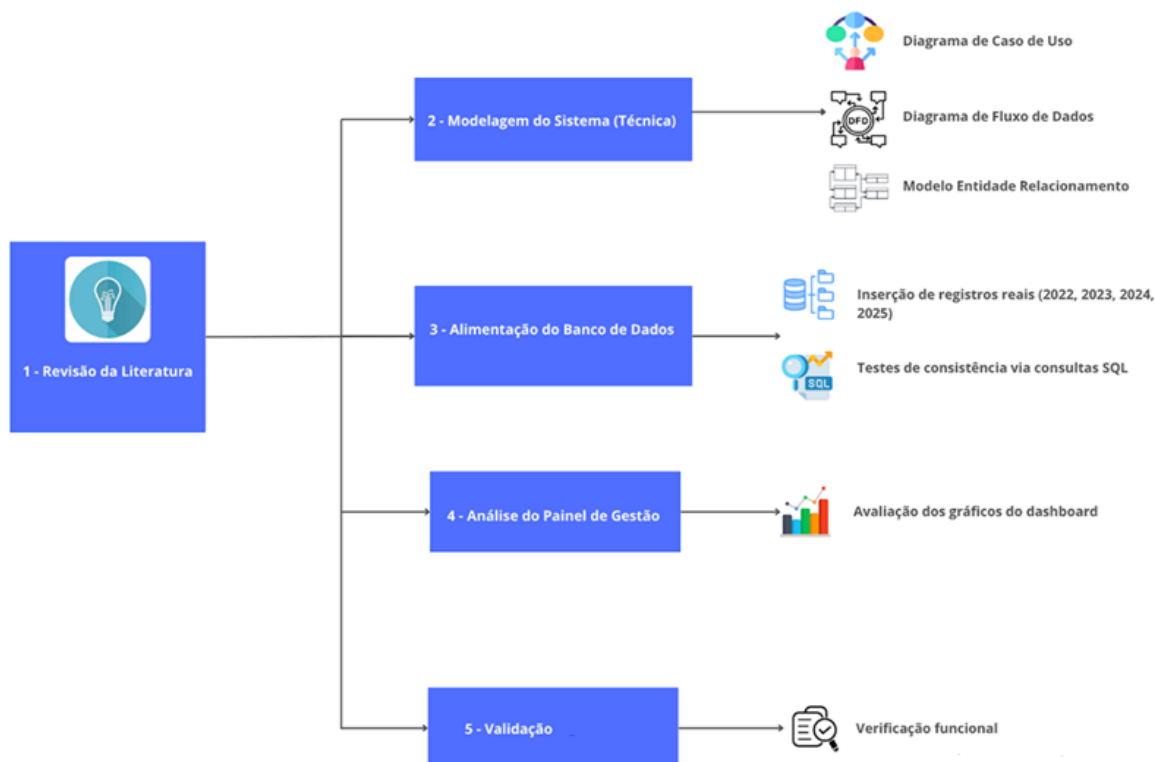
Em seguida, ocorreu a alimentação do banco de dados com dados reais, por meio de registros históricos do programa Adote uma Árvore, com a finalidade de testar a confiabilidade e desempenho do sistema, incluindo a verificação dos processos voltados aos usuários adotantes. Por fim, realizou-se a análise do painel de gestão e inteligência, em que foram avaliados os gráficos gerados automaticamente pelo sistema, com foco em sua clareza, atualização, relevância e capacidade de fornecer informações estratégicas para apoio à tomada de decisão por parte dos gestores.

Essa etapa também permitiu verificar o potencial do sistema como ferramenta de inteligência competitiva, por meio da análise visual de métricas e indicadores disponíveis. Os dados coletados e processados foram analisados com base em critérios como usabilidade, navegabilidade, clareza e organização da interface; e critérios relacionados à gestão estratégica, como a capacidade de extrair informações relevantes para o planejamento e a tomada de decisão.

Como instrumento de avaliação, foi utilizada uma estratégia integrada que contemplou tanto a modelagem técnica quanto a verificação funcional e a análise qualitativa por meio de entrevista. Primeiramente, foi elaborada a modelagem estrutural do sistema, incluindo três representações principais: o Diagrama de Casos de Uso, que permitiu mapear as interações entre os usuários (doadores, adotantes e gestores) e as funcionalidades disponibilizadas pelo sistema; o Diagrama de Fluxo de Dados (DFD), que apresentou a representação dos fluxos de dados nas funcionalidades centrais, como solicitações de adoção, aprovação e acompanhamento; e o Modelo Entidade-Relacionamento (MER), que descreveu a estrutura lógica do banco de dados, demonstrando as entidades envolvidas e suas relações, como usuários, solicitações, espécies e locais de plantio.

Na sequência, foi conduzida uma verificação funcional do sistema com base na alimentação do banco de dados com registros reais, oriundos do programa Adote uma Árvore. Selecionou-se a inclusão dos registros de instrumentos físicos dos últimos quatro anos de atuação do programa (2022, 2023, 2024 e 2025). Essa etapa teve como objetivo testar a consistência dos dados armazenados, por meio de consultas SQL que confirmaram que 100% das solicitações válidas foram corretamente registradas no sistema. Também foi avaliada a funcionalidade dos fluxos principais relacionados à adoção, como o envio da solicitação, a aprovação por parte da equipe gestora e o registro do histórico. Os testes foram realizados de forma manual, com observação direta dos resultados esperados, assegurando que o fluxo se mantivesse completo e sem interrupções. O resumo do processo metodológico pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Metodologia de Desenvolvimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Diante do exposto, a metodologia adotada permitiu uma análise sistemática e consistente do sistema Replantar, combinando técnicas de modelagem, verificação funcional e análise qualitativa. A integração entre a documentação técnica, a alimentação do sistema com dados reais e a avaliação dos indicadores gerados possibilitou compreender, de forma abrangente, o comportamento da plataforma em um cenário de uso prático. Dessa forma, o percurso metodológico estabeleceu bases sólidas para a interpretação dos resultados apresentados na seção seguinte, assegurando confiabilidade às análises e conclusões do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento do sistema Replantar, abordando as etapas de concepção, modelagem e validação da plataforma. Inicialmente, descrevem-se os aspectos técnicos e estruturais que fundamentaram o projeto, destacando os diagramas utilizados para representar os fluxos de informação e as interações entre os usuários e o sistema. Em seguida, são

exibidos os principais indicadores obtidos a partir da utilização do sistema, os quais possibilitam a análise de seu desempenho e impacto no gerenciamento do programa Adote uma Árvore. Por fim, são discutidos os resultados relacionados à dinâmica de doações, diversidade de espécies e alcance territorial do projeto.

4.1 MODELAGEM DO SISTEMA REPLANTAR

Na Figura 2, o Diagrama de Caso de Uso representa as principais interações entre os atores do sistema Replantar — Adotante, Doador, Gestor e o ator genérico Usuário, que abrange as ações de cadastro e autenticação na plataforma. O Usuário pode realizar login e efetuar cadastro, funções essenciais para o acesso às funcionalidades do sistema.

O Adotante é responsável por solicitar adoção de mudas, consultar o status de solicitações e visualizar informações sobre as espécies disponíveis. Essa modalidade de solicitação é voltada principalmente a pessoas externas à instituição, que desejam participar do programa Adote uma Árvore sem necessidade de comparecimento presencial ao IFPI. Nesse processo, o Gestor atua como responsável pela aprovação ou reprovação das solicitações, avaliando os dados enviados e verificando a disponibilidade das mudas. Trata-se, portanto, de uma forma simplificada e digital de adoção, que facilita o acesso e amplia o alcance do programa na comunidade.

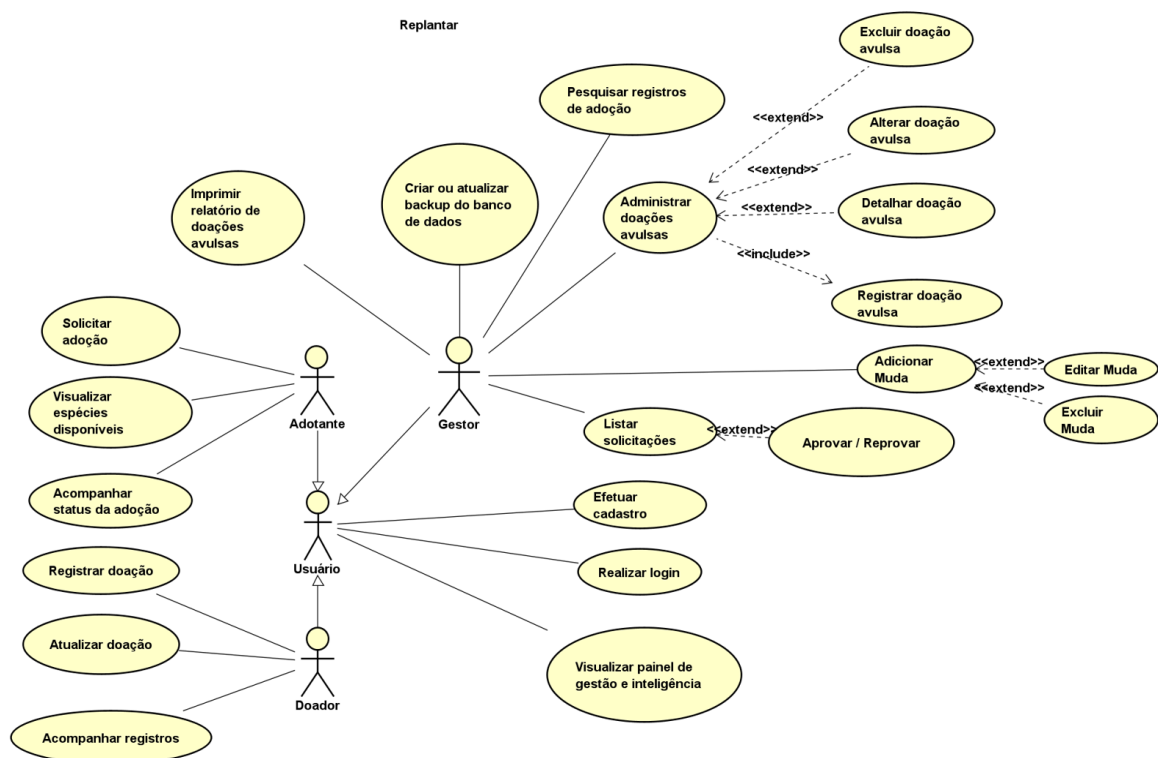
Já o Doador está associado às doações avulsas, que são registradas no sistema pelo próprio Gestor. Esse tipo de doação ocorre presencialmente, no momento em que o cidadão ou instituição retira as mudas diretamente no campus, preenchendo uma ficha física de doação. Essas fichas servem como instrumento de controle e, posteriormente, seus dados são inseridos no Replantar para compor o banco de dados, garantindo a sistematização e o histórico das entregas realizadas.

O Gestor, por sua vez, possui acesso ao painel administrativo, onde pode adicionar novas mudas, listar solicitações, aprovar ou reprovar adoções, emitir relatórios, administrar doações avulsas e gerenciar o banco de dados.

O diagrama também evidencia relações de generalização entre os atores, uma vez que Adotante, Doador e Gestor herdam características do ator Usuário,

compartilhando funcionalidades básicas como autenticação e acesso à interface principal do sistema. Além disso, há relações de inclusão (*include*) e extensão (*extend*) que indicam dependências entre funcionalidades, como o caso de uso “Aprovar/Reprovar Solicitação”, que estende o caso de uso “Listar Solicitações de Adoção”, e o caso de uso “Registrar Doação Avulsa”, que inclui as ações de “Editar”, “Excluir” e “Detalhar Doação”.

Figura 2 - Diagrama de Caso de Uso do Replantar

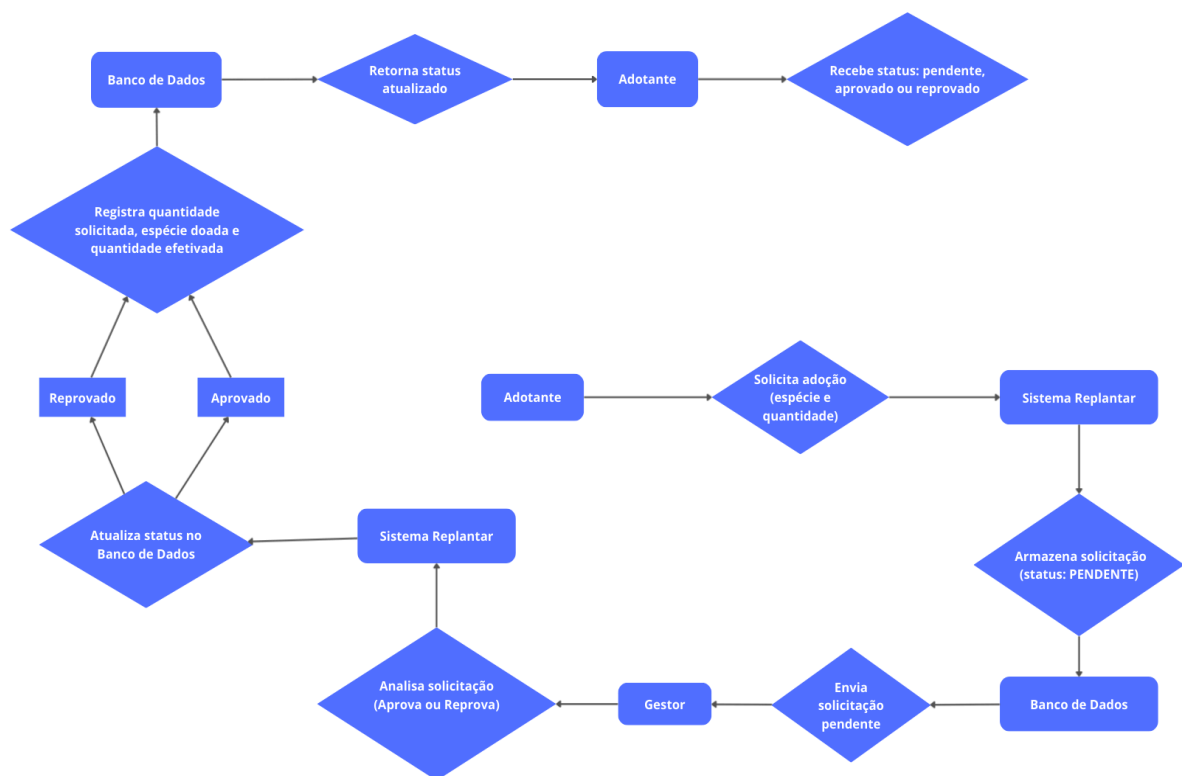


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Na Figura 3, o Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) do sistema Replantar demonstra o percurso das informações entre os atores e os processos centrais. O fluxo inicia com o Adotante, que realiza a solicitação de adoção informando espécie, quantidade de mudas e local de plantio. Esses dados são processados e armazenados no banco de dados, onde permanecem com status “Pendente” até

serem avaliados pelo Gestor, responsável por aprovar ou reprovar as solicitações conforme a disponibilidade e os critérios do programa. Ao ser aprovada, a solicitação tem seu status atualizado para “Aprovada”, com registro da quantidade efetivada e espécie doada; caso contrário, o sistema define como “Reprovada”. Esse fluxo assegura a rastreabilidade e a integridade das informações durante todo o processo de adoção. Dessa forma, o Diagrama de Fluxo de Dados demonstra a lógica operacional do sistema Replantar, evidenciando a integração entre os usuários, o gestor e a base de dados, e mostrando como o sistema automatiza a gestão das solicitações e registros de doações de forma organizada e confiável.

Figura 3 - Diagrama de Fluxo de Dados do Replantar



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Na Figura 4, apresenta-se o Modelo Entidade-Relacionamento (MER) do sistema Replantar, que descreve a estrutura lógica do banco de dados e as relações

entre as principais entidades que compõem a aplicação. O modelo foi elaborado com base no mapeamento ORM do sistema, refletindo de maneira estruturada o fluxo de informações entre usuários, solicitações e registros de doações.

A entidade Usuário (*User*) ocupa papel central no modelo, representando os diferentes perfis do sistema — adotante, doador e gestor. Cada usuário possui um vínculo direto com a entidade *UserProfile*, que armazena dados complementares, como nome completo, endereço, telefone e CPF, configurando uma relação 1:1. Essa separação de informações garante maior organização e integridade no armazenamento dos dados pessoais.

A entidade *SolicitacaoDoacao* representa o registro das solicitações de adoção realizadas pelos usuários. O relacionamento 1:N entre Usuário e *SolicitacaoDoacao* demonstra que um mesmo usuário pode efetuar diversas solicitações. A solicitação, por sua vez, pode estar vinculada à entidade *EfetivarDoacao*, que registra o processo de aprovação e entrega da muda, caracterizando uma relação 1:1, uma vez que cada solicitação aprovada gera apenas uma efetivação correspondente.

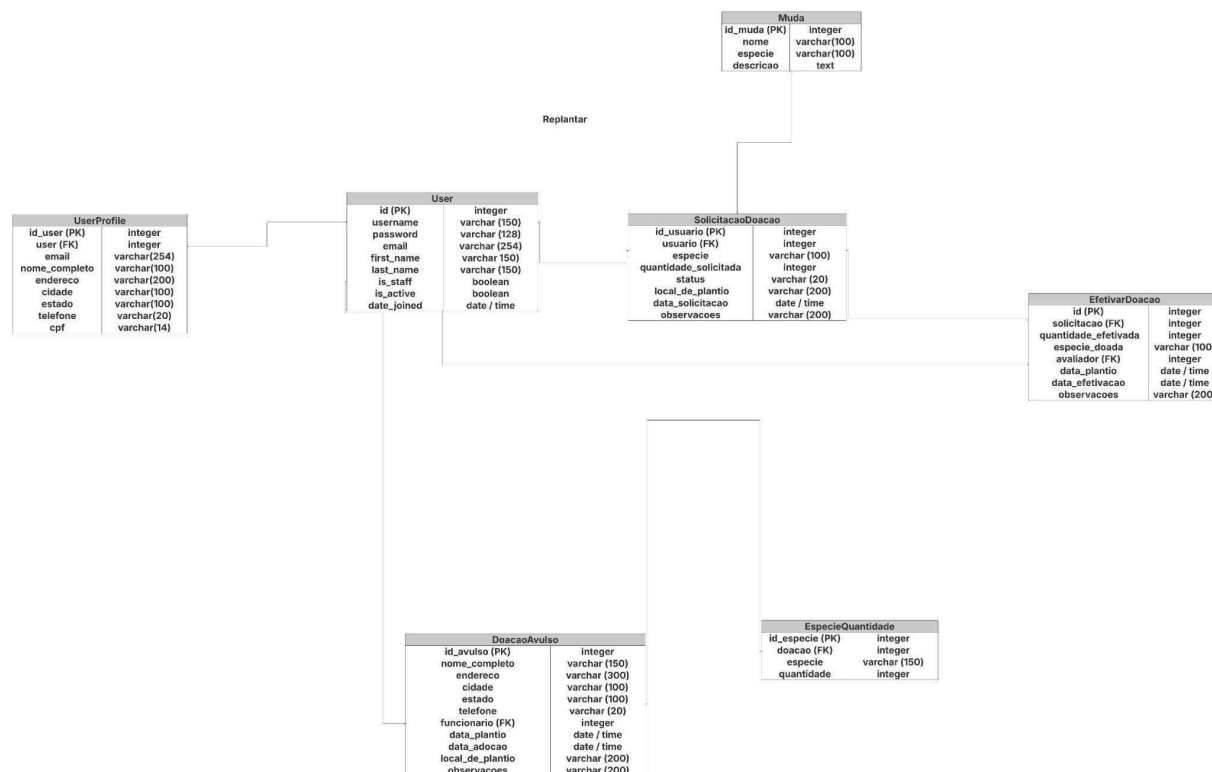
A entidade *EfetivarDoacao* também se relaciona com o Gestor, por meio do campo avaliador, estabelecendo uma relação 1:N, já que um gestor pode efetivar várias doações. Além disso, o modelo contempla o relacionamento entre Muda e *SolicitacaoDoacao*, no qual uma espécie registrada pode estar associada a várias solicitações, configurando o vínculo (1,1) — (0,N).

As doações avulsas, que ocorrem fora do processo de solicitação direta no sistema, são representadas pela entidade *DoacaoAvulso*, vinculada ao Gestor responsável por seu registro. Cada doação avulsa pode conter múltiplas espécies e quantidades, associadas pela entidade *EspecieQuantidade*, configurando uma relação 1:N. Essa estrutura garante flexibilidade e detalhamento na representação das doações presenciais realizadas no âmbito do programa Adote uma Árvore.

Assim, o MER do Replantar demonstra uma arquitetura de dados coesa, que permite gerenciar de forma integrada as informações referentes aos usuários,

espécies, solicitações e doações, tanto digitais quanto presenciais, assegurando consistência e rastreabilidade em todas as operações do sistema.

Figura 4 - Modelo Entidade-Relacionamento (MER) do Replantar



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4.2 INDICADORES DE DESEMPENHO DO SISTEMA REPLANTAR

A análise dos dados processados pelo sistema Replantar revelou um panorama abrangente das atividades de doação e adoção de mudas conduzidas no âmbito do programa Adote uma Árvore do Instituto Federal do Piauí – Campus Floriano. As informações coletadas cobriram o período de 2022 a 2025 e permitiram a elaboração de indicadores de desempenho ambiental, social e operacional, representados de forma integrada e ilustradas na Figura 5.

Figura 5 - Indicadores de desempenho do Replantar



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Os resultados indicaram a presença de 56 espécies distintas registradas nas doações realizadas, o que reflete uma ampla diversidade biológica e a priorização de espécies nativas regionais. Essa amplitude ecológica é fundamental para o restabelecimento da cobertura vegetal e para o equilíbrio dos ecossistemas locais, corroborando achados de Cecchetto, Christmann e Oliveira (2014), que ressaltam a importância da diversidade florística para a sustentabilidade urbana e o conforto térmico ambiental.

Outro resultado expressivo foi o índice de recorrência de 57,1%, representando a proporção de cidadãos que retornaram ao programa em mais de uma oportunidade de adoção. Esse percentual evidencia o fortalecimento do vínculo entre os participantes e a causa ambiental, demonstrando engajamento cívico e senso de corresponsabilidade ecológica. Esse comportamento se alinha às discussões de Urzedo, Westerlaken e Gabrys (2022), que identificam nas plataformas digitais um vetor de mobilização social e de ampliação da consciência ambiental coletiva.

A média de 10,25 mudas por doação expressa um equilíbrio operacional no volume distribuído, indicando que as entregas mantêm um padrão regular ao longo do tempo. Associado a esse resultado, o indicador de engajamento apontou a participação de 920 cidadãos e instituições, refletindo o alcance comunitário e institucional do programa.

A dimensão territorial do projeto revelou um alcance de 49 municípios, distribuídos majoritariamente nas microrregiões de Floriano - PI, Barão de Grajaú - MA e Nazaré do Piauí - PI. Essa capilaridade espacial demonstra a efetividade do sistema em descentralizar as ações e contribuir para a expansão do reflorestamento em múltiplos contextos geográficos do estado.

Por fim, o cálculo da área reflorestada estimada resultou em 43,3 hectares. Para esse indicador, adotou-se uma taxa média de sobrevivência de 80 % das mudas e uma área média de 50 m² por indivíduo, valores compatíveis com estudos recentes de restauração florestal na Mata Atlântica, que demonstram elevadas taxas de sobrevivência e modelagem de crescimento inicial de espécies nativas (Gerber *et al.*, 2023). Tais parâmetros também se aproximam das metodologias descritas em projetos de restauração de alta diversidade conduzidos no Brasil, nos quais se utilizam espaçamentos médios entre 3 × 3 m e 7 × 7 m, correspondentes a áreas individuais entre 9 m² e 49 m² (Rodrigues; Martins; Gandolfi, 2007).

O volume total de carbono mitigado foi estimado em 216,5 toneladas de CO₂, considerando um fator médio de 20 kg de CO₂ por árvore ao ano, valor compatível com médias observadas em estudos clássicos e recentes sobre o papel das árvores urbanas e tropicais no sequestro de carbono (Nowak; Crane; Stevens, 2006; Kurtz *et al.*, 2024).

Esses indicadores evidenciam o impacto ecológico direto da iniciativa e sua relevância potencial na mitigação das mudanças climáticas, ainda que se trate de uma estimativa simplificada baseada em parâmetros médios da literatura técnica e não em inventário florestal específico da área de estudo.

4.3 DINÂMICA TEMPORAL E DISTRIBUIÇÃO DAS DOAÇÕES

A análise temporal dos registros revelou oscilações nas ações de doação e adoção ao longo dos anos observados. Em 2022, foram contabilizadas 299 doações; em 2023, esse número passou para 175 e, em 2024, atingiu o pico de 394 registros. Ainda que em 2025 tenha ocorrido uma ligeira retração, o comportamento geral evidencia consolidação da participação comunitária e da eficiência administrativa (Figura 6).

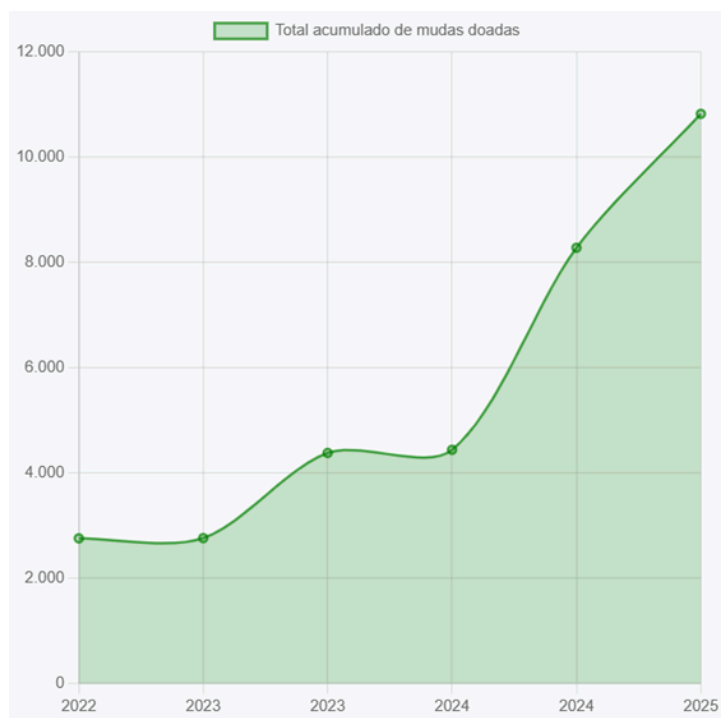
Figura 6 - Quantidade de doações por ano



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

O volume total de mudas entregues à comunidade é expressado na Figura 7, que representa a linha temporal de impacto, que evidencia o crescimento cumulativo das ações e o fortalecimento institucional do programa.

Figura 7 - Total acumulado de mudas doadas

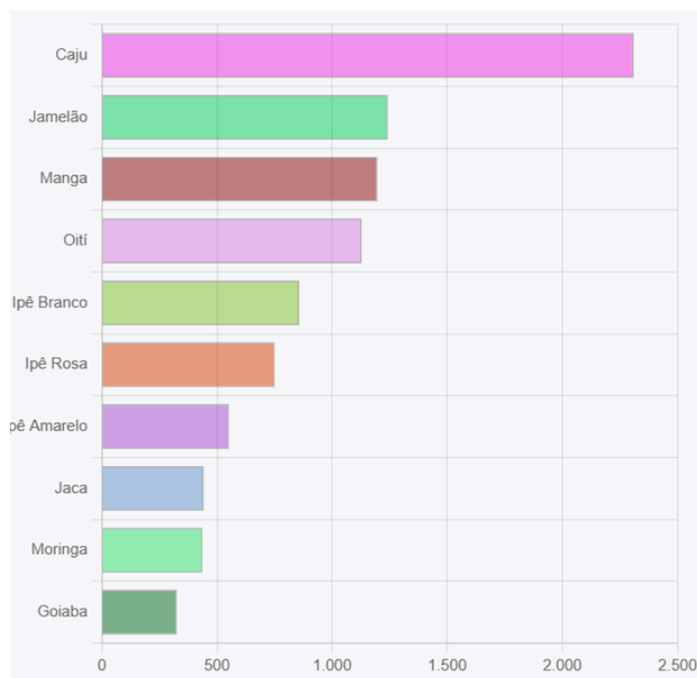


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A análise das espécies mais doadas, apresentada na Figura 8, evidencia a predominância do Cajueiro (*Anacardium occidentale*), seguido por Jamelão (*Syzygium cumini*), Mangueira (*Mangifera indica*) e Oiti (*Licania tomentosa*), além de diferentes variedades de Ipês (*Handroanthus* spp.). Essa composição reflete uma clara preferência por espécies frutíferas e nativas de ampla adaptação ecológica, que conciliam valores econômicos, culturais e ambientais. A expressiva representatividade de espécies regionais, como o cajueiro, amplamente associado à paisagem e à economia do Nordeste brasileiro, reforça o caráter biocultural do programa de doação de mudas.

A presença significativa de ipês e oitis também indica tendência à arborização funcional, voltada à sombreamento, polinização e embelezamento urbano. De acordo com Vidal-Couto *et al.* (2023), a adoção de espécies nativas e ecologicamente adaptadas é fundamental para maximizar a resiliência ecológica, o conforto térmico urbano e a conservação da biodiversidade, especialmente em programas públicos de restauração e arborização.

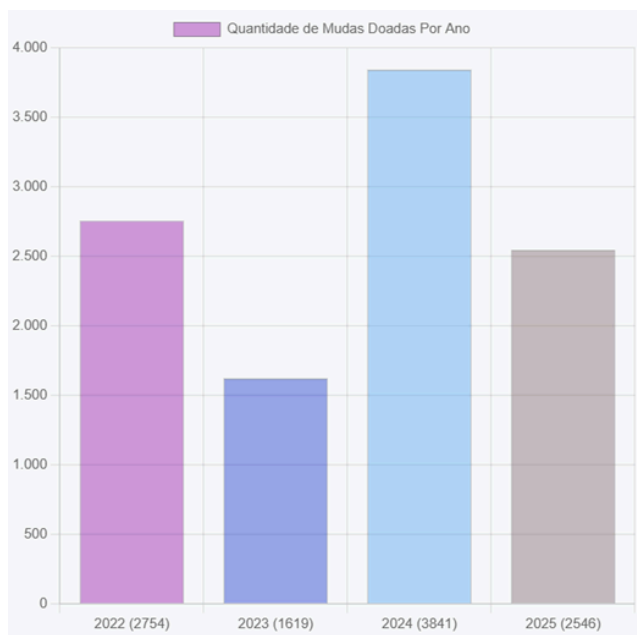
Figura 8 - Espécies mais doadas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A quantidade de doações em números totais é apresentada na Figura 9. A média de doações nos anos verificados é de 2690 mudas doadas, embora o ano de 2025 ainda estava em curso. O uso do sistema Replantar como opção de gerenciamento do programa Adote uma Árvore pode ampliar o alcance e impacto, tanto em relação à comunidade, quanto em termos de visibilidade para obtenção de recursos para o programa. Tais pensamentos se espelham no sugerido por Santos e Cardoso (2009) e Moster, Azevedo e Martins (2021), ao tratarem da intersecção entre tecnologia, inclusão digital e sustentabilidade territorial.

Figura 9 - Mudas doadas por ano



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

De modo geral, os resultados apresentados nesta seção demonstram que o sistema Replantar foi capaz de atender aos objetivos propostos, ao fornecer uma estrutura organizada para o registro, acompanhamento e análise das doações e adoções de mudas no âmbito do programa Adote uma Árvore. A modelagem técnica evidenciou uma arquitetura coerente e funcional, enquanto os indicadores de desempenho revelaram impactos ambientais e sociais relevantes, como a diversidade de espécies, o engajamento comunitário e o alcance territorial das ações. A análise temporal e distributiva das doações reforça o potencial da plataforma como ferramenta de apoio à gestão ambiental, ao permitir a visualização estratégica dos dados e subsidiar a tomada de decisão. Assim, os resultados confirmam que o Replantar contribui para a sistematização das informações e para o fortalecimento das práticas de reflorestamento institucional, consolidando-se como uma solução tecnológica pertinente ao contexto socioambiental estudado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou a análise e avaliação do sistema Replantar, uma solução tecnológica voltada para otimizar e sistematizar a gestão de doação e adoção de mudas arbóreas no âmbito do programa Adote uma Árvore do IFPI – Campus Floriano. O sistema foi concebido com base em princípios de usabilidade, eficiência e integração de informações, buscando aprimorar o controle das doações e oferecer uma ferramenta prática de apoio à gestão ambiental institucional. Para isso, foram realizadas etapas de modelagem, alimentação de dados reais e verificação de consistência, permitindo observar o desempenho do sistema no registro, acompanhamento e monitoramento das doações de mudas.

A fundamentação teórica que sustentou o estudo baseou-se em pesquisas voltadas ao reflorestamento, sustentabilidade urbana e aplicação de tecnologias digitais na gestão ambiental. Essa base permitiu alinhar a proposta do Replantar aos princípios da governança ecológica e do engajamento comunitário, reforçando a relevância de ferramentas digitais na promoção de ações ambientais participativas. A análise dos dados reais obtidos do programa institucional comprovou a capacidade da plataforma de organizar e representar as informações de maneira clara, facilitando o acompanhamento das doações e contribuindo para a transparência das ações do campus.

Entretanto, algumas limitações foram observadas durante o processo de alimentação e validação do sistema. A primeira delas refere-se à necessidade de inserir manualmente, uma a uma, as fichas físicas de doações avulsas no sistema, o que demandou um tempo considerável e tornou o processo mais demorado do que o previsto. Outra limitação identificada foi a ausência de alguns dados nas fichas coletadas, como endereço e telefone de contato dos adotantes, o que exigiu a utilização de informações genéricas para preenchimento obrigatório dos formulários, a fim de evitar erros de validação no sistema. Além disso, em casos de erros de digitação ou inconsistências durante o cadastro, foi necessário acessar a listagem completa das doações avulsas já registradas para localizar e corrigir manualmente os dados incorretos, o que também contribuiu para o aumento do tempo de operação.

Apesar dessas limitações, os resultados obtidos demonstraram que o sistema atendeu de forma satisfatória aos objetivos propostos, possibilitando uma gestão mais organizada e transparente das doações e adoções de mudas. O Replantar mostrou-se eficiente na consolidação das informações e no fornecimento de dados relevantes para a análise de desempenho e impacto ambiental do programa, contribuindo diretamente para a melhoria da gestão institucional e para o incentivo à participação da comunidade em ações de reflorestamento e sustentabilidade.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de testes abertos com alunos e membros da comunidade do IFPI – Campus Floriano, a fim de avaliar a usabilidade e o desempenho da aplicação em um cenário de uso real. Caso os resultados sejam positivos, o sistema poderá ser expandido para outros campi do Instituto Federal do Piauí, favorecendo uma rede integrada de gestão ambiental. Outra perspectiva promissora seria o desenvolvimento de uma versão mobile do Replantar, o que tornaria o acesso mais prático e ampliaria o engajamento dos usuários. Além disso, propõe-se a automação da inserção de dados, possivelmente com o apoio de recursos de inteligência artificial, visando otimizar o tempo de alimentação do sistema e reduzir erros humanos durante o processo de registro.

Assim, o trabalho contribui não apenas para a modernização das práticas de gestão ambiental no IFPI, mas também para o fortalecimento da relação entre tecnologia, sustentabilidade e participação social. O Replantar representa um passo significativo rumo à transformação digital de programas ambientais, oferecendo uma base sólida para futuras inovações e para a consolidação de uma cultura institucional voltada à preservação e ao reflorestamento sustentável.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, Diego; ARIEIRA, Julia; NOBRE, Carlos. Impactos das mudanças climáticas na sociobioeconomia da Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 38, n. 112, p. 249–270, 2024. DOI: 10.1590/s0103-4014.202438112.014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/cmRbzPY8RD7yGSFFpGkBQwF/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

CALDEIRA, Vanessa Morgado Madeira; SOUZA, Átila de; ARAÚJO, Karine do Nascimento; GOMES, Ivanilda de Argolo; MEDEIROS, Geisiéli Aparecida Carvalho Marin de; CAIADO, Magno Antonio Cardozo; AMARAL, Rejane da Silva; MARCONDES, Pollyanna. Sustentabilidade digital: como a tecnologia pode impulsionar práticas sustentáveis. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. e720, 2024. DOI: 10.23900/2359-1552v13n1-7-2024. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/720>. Acesso em: 20 mar. 2025.

CECCHETTO, Carise Taciane; CHRISTMANN, Samara Simon; OLIVEIRA, Tarcísio Dorn de. Arborização urbana: importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades. **Anais**. XVI Seminário Internacional de Educação no Mercosul. Cruz Alta, RS, p. 1-13, 2014.

DOOL, Gijs van den; BIDWAI, Deepali. Integrated Approach for Tree Health Prediction in Reforestation Using Satellite Data and Meteorological Parameters. **Environmental Sciences Proceedings**, Basel, v. 29, n. 1, p. 15982, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4931/29/1/15982>. Acesso em: 19 jun. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ECRS2023-15982>.

FESSEMYER, Kurt A.; POOR, Erin E.; TERASAKI HART, Drew E.; VELDMAN, Joseph W.; FLEISCHMAN, Forrest D.; CHOKSI, Pooja; ARCHIBALD, Sally; ARMANI, Mohammed; FAGAN, Matthew E.; FRICKE, Evan C.; TERRER, Cesar; HASLER, Natalia; WILLIAMS, Christopher A.; ELLIS, Peter W.; COOK-PATTON, Susan C. Addressing critiques refines global estimates of reforestation potential for climate change mitigation. **Nature Communications**, v. 16, e4572, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59799-8>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-025-59799-8>. Acesso em: 21 jun. 2025.

GERBER, D.; BECHARA, F. C.; TOPANOTTI, L. R.; NICOLETTI, M. F.; AZEVEDO, J. C. Evaluating tree survival and modeling initial growth for Atlantic Forest restoration. **Ciência Rural**, v. 53, n. 7, e20220066, 2023. DOI: 10.1590/0103-8478cr20220066.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

JIANG, Xuetao; JIANG, Meiyu; GOU, Yuchun; LI, Qian; ZHOU, Qingguo. Forestry Digital Twin With Machine Learning in Landsat 7 Data. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 13, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.916900/full>. Acesso em: 17 jun. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.916900>.

KURTZ, B. C. *et al.* Quantifying the carbon stocks in urban trees: the Rio de Janeiro Botanical Garden as an important tropical carbon sink. **Journal of Zoological and Botanical Gardens**, v. 5, n. 4, p. 579-589, 2024. DOI: 10.3390/jzbg5040039.

MAGNONI, A. F.; CAMARGO, A. C.; MIRANDA, G. V. A internet como indutora da participação política: mídia, tecnologia e engajamento nos ambientes digitais. **Comunicologia - Revista de Comunicação da Universidade Católica de Brasília**, v. 10, n. 2, p. 182-201, 18 dez. 2017. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RCEUCB/article/view/8130>. Acesso em: 24 mar. 2025.

MOSTER, C.; AZEVEDO, E. J.; MARTINS, M. I. Uso de tecnologias interativas móveis aplicadas à arborização urbana como método de educação ambiental. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 10, 2021. DOI: 10.51189/rema/1688. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/rema/article/view/1688>. Acesso em: 22 mar. 2025.

MOURA, Bruno de Freitas. Só 6,9% das áreas urbanas do país são cobertas por vegetação. **Agência Brasil**, 19 jul. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-07/so-69-das-areas-urbanas-do-pais-sao-cobertas-por-vegetacao>. Acesso em: 14 abr. 2025.

NOWAK, D. J.; CRANE, D. E.; STEVENS, J. C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 4, n. 3-4, p. 115-123, 2006. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.

PALOS-SANCHEZ, Pedro; SAURA, Jose Ramon. The Effect of Internet Searches on Afforestation: The Case of a Green Search Engine. **Forests**, Basel, v. 9, n. 2, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/9/2/51>. Acesso em: 21 jun. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9020051>.

PINHEIRO, Angela Liberali; NASCIMENTO, Daniela; PEREIRA, Flávia; BRAGA, João; SILVA, Rafael de Souza Mendes da; CANEDO-JÚNIOR, Ernesto. Análise do programa de doações de mudas da Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas/MG nos anos 2019 e 2020. **Regnellaea Scientia**, Poços de Caldas, v. 7, p. 126-138, 2021. DOI: <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v7.n3.2021.126-138>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355127770_ANALISE_DO_PROGRAMA_DE_DOACOES_DE_MUDAS_DA_FUNDACAO_JARDIM_BOTANICO_DE_POÇOS_DE_CALDASMG_NOS_ANOS_2019_E_2020. Acesso em: 22 jun. 2025.

RIBEIRO, Priscila dos Santos; GOMES, Dênis José Cardoso; SOUZA, Everaldo Barreiros de; NASCIMENTO, Max Miler Menezes; NASCIMENTO, Juliana Cristina Silva do; OLIVEIRA, Maria Regina da Silva; ROCHA, Mateus do Carmo. Influência do desmatamento na temperatura do ar, Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 165–176, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.1.p165-176. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/254555>. Acesso em: 11 abr. 2025.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. (org.). **High Diversity Forest Restoration in Degraded Areas**: Methods and Projects in Brazil. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, 2007. ISBN 978-1-60021-421-9.

ROSSETTO, Graça Penha Nascimento; CARREIRO, Rodrigo; SILVA, Maria Paula Almada e. Organizações civis e apropriações das plataformas digitais: desafios e potencialidades da web. **Comunicação & Educação**, São Paulo, Brasil, v. 20, n. 1, p. 51–61, 2015. DOI: 10.11606/issn.2316-9125.v20i1p51-61. Disponível em: <https://revistas.usp.br/comueduc/article/view/81286>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SANTOS, Caroline Queiroz; CARDOSO, Ana Maria Pereira. Inclusão digital e desenvolvimento local. **TransInformação**, v. 21, p. 7-22, 2009.

SILVA, Madalena Pereira da; AGUIAR, Paula Alves de; JURADO, Ramon Garrote. As tecnologias digitais da informação e comunicação como polinizadoras dos projetos criativos ecoformadores na perspectiva da educação ambiental. **Revista Polyphonia**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 182–204, 2020. DOI: 10.5216/rp.v31i1.66957. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/sv/article/view/66957>. Acesso em: 21 mar. 2025.

SIMÕES, Danilo *et al.* Stochastic Economic Analysis of Investment Projects in Forest Restoration Involving Containerized Tree Seedlings in Brazil. **Forests**, Basel, v. 12, n. 10, p. 1381, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12101381>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/10/1381>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2003.

SOUSA, Antonio Waneton Paulo Pinheiro; SOUSA, Antonio Paulo Wandesson Pinheiro; SOUSA, Camylla Pinheiro de. Revisão Bibliográfica: influência das áreas verdes para a saúde física e mental. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 11–23, 2022. DOI: 10.31072/rcf.v13i2.1065. Disponível em: <https://revista.faema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/1065>. Acesso em: 19 mar. 2025.

TORRES-AMARAL, Calil; ANJOS, Luciano dos; SOUZA, Everaldo de; VIEIRA, Ima Guimarães. Desmatamento restringe refúgios climáticos na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 38, p. 229-248, 2024. DOI: 10.1590/s0103-4014.202438112.013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/386267758_Desmatamento_restringe_refugios_climaticos_na_Amazonia. Acesso em: 13 abr. 2025.

URZEDO, Danilo; WESTERLAKEN, Michelle; GABRYS, Jennifer. Digitalizing forest landscape restoration: A social and political analysis of emerging technological practices. **Environmental Politics**, v. 32, n. 3, p. 485-510, 2022.

VIANA, Virgílio. Más incendios y menos deforestación: ¿qué pasa en la Amazonia brasileña? **El País**, 27 out. 2024. Disponível em: <https://elpais.com/america-futura/2024-10-27/mas-incendios-y-menos-deforestacion-que-pasa-en-la-amazonia-brasillena.html>. Acesso em: 13 abr. 2025.

VIDAL-COUTO, D. B. *et al.* Tree species used in urban forestry in Brazil: a scientometric review. **Rodriguésia**, v. 74, e01292022, 2023.

WANG, Chen; JIAN, Shuguang; REN, Hai; YAN, Junhua; LIU, Nan. A Web-Based Software Platform for Restoration-Oriented Species Selection Based on Plant Functional Traits. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Lausanne, v. 9, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/ecology-and-evolution/articles/10.3389/fevo.2021.570454/full>. Acesso em: 16 jun. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.570454>.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.