

RECICLE+: UMA PLATAFORMA WEB INTELIGENTE PARA FORTALECIMENTO DA ECONOMIA CIRCULAR POR MEIO DA GAMIFICAÇÃO

**Pedro Machado¹, Guilherme Dias Villanova¹, Nathalia Oliveira¹, Arthur Souto¹,
Leonardo Souza¹, Daniel Souza¹, Dalvana Lopes Ribeiro¹**

¹ Serviço Nacional de Aprendizagem - SENAC Lindolfo Collor 835, São Leopoldo, RS
(lopesribeirodalvana20@gmail.com)

Resumo: Este trabalho apresenta o Recicle+, uma plataforma web que utiliza gamificação para incentivar práticas de reciclagem e educação ambiental. A solução foi desenvolvida com React, TypeScript e banco de dados relacional, seguindo princípios de Design Science Research. O sistema emprega desafios, pontuação e recompensas para estimular o engajamento em ações sustentáveis, propondo uma alternativa tecnológica para promover hábitos alinhados à economia circular.

Palavras-chave: Gamificação; Sustentabilidade; Gestão de Resíduos; Inteligência Artificial; Economia Circular.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população, aliado ao aumento do consumo e da urbanização, tem intensificado significativamente a geração de resíduos sólidos. Esse cenário representa um dos principais desafios ambientais da atualidade, exigindo ações que promovam o consumo consciente, a reciclagem e a redução dos impactos ambientais decorrentes da destinação inadequada de resíduos. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a adoção de práticas sustentáveis e o fortalecimento da economia circular constituem estratégias essenciais para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente aqueles relacionados ao consumo e produção responsáveis (ODS 12) e à ação contra a mudança global do clima (ODS 13).

Embora a reciclagem seja amplamente reconhecida como uma prática fundamental para a preservação ambiental, diversos estudos demonstram que a disponibilidade de infraestrutura para coleta seletiva, por si só, não garante a participação efetiva da população. Barreiras como a falta de incentivo, de conscientização, de retorno percebido e de engajamento contínuo reduzem a adesão às práticas sustentáveis. Dessa forma, torna-se necessário desenvolver mecanismos capazes de estimular mudanças comportamentais que promovam hábitos ambientalmente responsáveis.

Nesse contexto, a gamificação (gamification) tem se consolidado como uma estratégia inovadora para aumentar o engajamento de indivíduos em diferentes áreas do conhecimento. Conforme Deterding et al.

(2011), gamificação consiste na utilização de elementos característicos dos jogos em contextos que não possuem natureza lúdica, buscando aumentar a motivação, o comprometimento e a participação dos usuários. Entre esses elementos destacam-se sistemas de pontuação, níveis, desafios, medalhas, rankings, recompensas e conquistas, que tornam atividades rotineiras mais atrativas e estimulam a permanência dos participantes.

A utilização da gamificação em iniciativas voltadas à sustentabilidade tem apresentado resultados promissores. Hamari, Koivisto e Sarsa (2014), em uma revisão sistemática da literatura, observaram que mecanismos gamificados podem contribuir significativamente para o aumento do engajamento dos usuários, principalmente quando associados a recompensas, objetivos claros e feedback contínuo. No contexto ambiental, esses elementos podem favorecer a adoção de comportamentos sustentáveis ao proporcionar reconhecimento pelas ações realizadas e incentivar a participação recorrente dos indivíduos.

Sob a perspectiva da psicologia motivacional, a Teoria da Autodeterminação, proposta por Deci e Ryan (2000), explica que a motivação humana pode ser influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Enquanto a motivação intrínseca está relacionada à satisfação pessoal em realizar determinada atividade, a motivação extrínseca está associada à obtenção de recompensas ou benefícios externos. Sistemas gamificados podem atuar inicialmente como mecanismos de motivação extrínseca, incentivando a realização de atividades sustentáveis até que tais



comportamentos sejam incorporados à rotina dos usuários.

Além da gamificação, o conceito de economia circular tem adquirido crescente relevância nas discussões sobre sustentabilidade. Diferentemente do modelo econômico linear baseado em produzir, consumir e descartar, a economia circular busca prolongar o ciclo de vida dos produtos por meio da reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, reduzindo a extração de recursos naturais e os impactos ambientais. Nesse cenário, soluções tecnológicas capazes de incentivar a participação da sociedade tornam-se ferramentas importantes para fortalecer práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade.

Nos últimos anos, o avanço das tecnologias digitais possibilitou o desenvolvimento de plataformas capazes de conectar cidadãos, empresas e instituições em iniciativas ambientais. Aplicações web e móveis têm sido utilizadas para promover educação ambiental, gerenciamento de resíduos, monitoramento de ações sustentáveis e incentivo à reciclagem. Entretanto, muitas dessas soluções concentram-se apenas na divulgação de informações ou na localização de pontos de coleta, apresentando poucos mecanismos voltados ao engajamento contínuo dos usuários.

Diante dessa lacuna, este trabalho apresenta o Recicle+, uma plataforma web desenvolvida para incentivar a realização de práticas sustentáveis por meio da aplicação de elementos de gamificação. A proposta consiste em oferecer desafios relacionados à reciclagem, registrar as atividades realizadas pelos usuários, conceder pontuações e disponibilizar recompensas associadas ao cumprimento das ações, buscando fortalecer o vínculo entre tecnologia, educação ambiental e sustentabilidade.

O desenvolvimento do sistema fundamentou-se nos princípios da Design Science Research (DSR), abordagem metodológica amplamente utilizada na área de Sistemas de Informação para a concepção e avaliação de artefatos tecnológicos destinados à solução de problemas reais. Assim, o Recicle+ é apresentado como um artefato computacional cuja finalidade é apoiar iniciativas voltadas ao incentivo da reciclagem e à promoção da conscientização ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza tecnológica e abordagem qualitativa, cujo objetivo consiste no desenvolvimento de uma plataforma web destinada a incentivar práticas de reciclagem por meio da aplicação de técnicas de gamificação. O desenvolvimento da solução foi conduzido seguindo os princípios da Design Science Research (DSR),

metodologia amplamente empregada na área de Sistemas de Informação para a construção de artefatos tecnológicos voltados à resolução de problemas do mundo real.

A primeira etapa do projeto consistiu na identificação do problema e no levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais da aplicação. Para isso, foram realizadas reuniões de levantamento de ideias (*brainstorming*), nas quais foram discutidas as necessidades dos usuários, as funcionalidades esperadas e os mecanismos de incentivo que seriam incorporados à plataforma. A partir dessa etapa, definiu-se que o sistema deveria permitir o cadastro de usuários, o registro de atividades sustentáveis, o gerenciamento de pontuações, o controle de recompensas e a integração com empresas parceiras responsáveis pela disponibilização dos benefícios.

Após a definição dos requisitos, foi realizada a modelagem da arquitetura da aplicação, contemplando a organização das camadas de interface, lógica de negócio e persistência de dados. O banco de dados foi estruturado para armazenar informações referentes aos usuários, atividades sustentáveis realizadas, pontuações acumuladas, recompensas disponíveis, empresas parceiras e histórico de resgates. Essa estrutura possibilita o gerenciamento das informações necessárias para o funcionamento da plataforma e garante a integridade dos dados armazenados. A Figura 1 apresenta o Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) da aplicação, composto pelas entidades User, Delivery, Material, Prize e Admin.

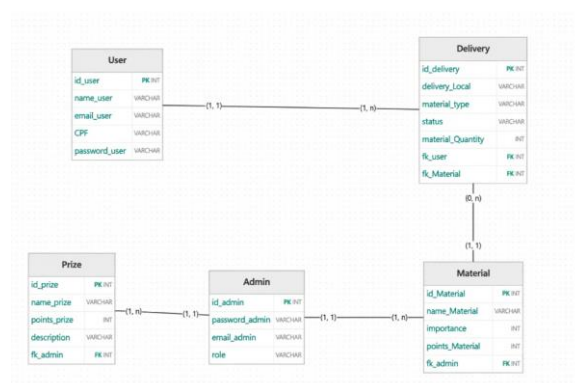


Figura 1. Tela de cadastro de usuários do sistema

A modelagem do banco de dados organiza o cadastro de usuários, o registro das entregas de materiais recicláveis, o gerenciamento dos materiais aceitos e o controle das recompensas disponibilizadas pela plataforma. Os relacionamentos, implementados por meio de chaves primárias e estrangeiras, garantem a integridade referencial dos dados e permitem associar



cada entrega a um usuário e a um material específico, além de vincular materiais e recompensas ao administrador responsável. Essa estrutura estabelece uma base consistente para o funcionamento do sistema, oferecendo suporte às funcionalidades de controle das atividades de reciclagem e aos mecanismos de gamificação implementados.

Com a arquitetura de dados definida, iniciou-se a etapa de desenvolvimento da aplicação. A implementação foi realizada utilizando tecnologias amplamente consolidadas no desenvolvimento de aplicações web modernas. A camada de apresentação foi construída com a biblioteca React, possibilitando a criação de componentes reutilizáveis e de uma interface dinâmica baseada no conceito de Single Page Application (SPA). A lógica de negócio foi desenvolvida em TypeScript, cuja tipagem estática contribui para aumentar a confiabilidade, a organização e a manutenibilidade do código. Além disso, a adoção dos princípios da programação orientada a objetos favoreceu a modularização da aplicação e ampliou sua capacidade de evolução e reutilização de componentes.

Paralelamente ao desenvolvimento da lógica da aplicação, foi projetada a interface gráfica do sistema. A estilização foi realizada, priorizando princípios de responsividade, usabilidade e acessibilidade, de forma a garantir uma experiência de navegação intuitiva em diferentes dispositivos. A identidade visual foi concebida com cores e elementos associados à sustentabilidade, reforçando a proposta ambiental da plataforma e proporcionando maior coerência entre os aspectos visuais e os objetivos do sistema.

Para assegurar o gerenciamento eficiente das informações, foi implementado um conjunto de operações CRUD (Create, Read, Update e Delete) responsável pela manipulação completa dos dados armazenados. Essas operações permitem o cadastro, consulta, atualização e remoção de registros referentes aos usuários, materiais recicláveis, entregas, recompensas e administradores, garantindo a consistência das informações e o adequado funcionamento da plataforma. Sobre essa infraestrutura foi implementado o principal diferencial do sistema: um mecanismo de gamificação voltado ao incentivo das práticas de reciclagem. Sempre que uma entrega de material reciclável é registrada e validada, o usuário recebe uma pontuação proporcional ao tipo e à quantidade do material descartado. A pontuação acumulada pode ser acompanhada em tempo real e posteriormente utilizada para o resgate de recompensas disponibilizadas pela plataforma, transformando ações sustentáveis em experiências motivadoras e

incentivando a adoção contínua de hábitos ambientalmente responsáveis.

Durante todo o processo de desenvolvimento, foram adotadas práticas fundamentadas em metodologias ágeis de gerenciamento de projetos, caracterizadas pelo desenvolvimento incremental, validações contínuas e aperfeiçoamento progressivo das funcionalidades implementadas. Essa abordagem permitiu maior flexibilidade para incorporar melhorias ao longo da construção do sistema e garantir maior aderência aos requisitos definidos na etapa de planejamento. Com isso, a solução reúne funcionalidades de gerenciamento de usuários, registro de entregas, controle de pontuação e administração de recompensas, constituindo uma ferramenta tecnológica voltada ao fortalecimento da educação ambiental e da economia circular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado desta pesquisa, foi desenvolvido o Recicle+, uma plataforma web destinada ao incentivo de práticas sustentáveis por meio da integração entre mecanismos de gamificação, gerenciamento de atividades de reciclagem e sistemas de bonificação. O sistema foi concebido para proporcionar uma experiência intuitiva ao usuário, permitindo o registro de materiais recicláveis, o acompanhamento das atividades realizadas e a obtenção de recompensas associadas ao desempenho ambiental.

A aplicação foi estruturada em módulos independentes, possibilitando maior organização da arquitetura do sistema e facilitando futuras expansões da plataforma. As funcionalidades implementadas contemplam autenticação de usuários, gerenciamento de perfis, registro de solicitações de reciclagem, administração das requisições, acompanhamento da pontuação individual, sistema de recompensas e visualização geográfica dos pontos de coleta.

A Figura 2 apresenta a interface de cadastro de usuários do Recicle+, desenvolvida com foco em simplicidade, usabilidade e acessibilidade. O formulário solicita apenas informações essenciais para criação da conta, reduzindo barreiras de acesso à plataforma. A identidade visual utiliza cores associadas à sustentabilidade e uma imagem da natureza, reforçando os objetivos ambientais do sistema. Além disso, a autenticação por provedor externo e a organização intuitiva da interface contribuem para uma experiência de uso mais prática, favorecendo o engajamento dos usuários desde o primeiro acesso.

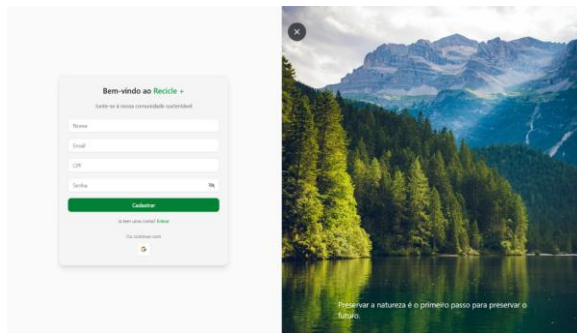


Figura 2. Tela de cadastro de usuários da plataforma Recicle+.

Além da edição dos dados pessoais, o sistema disponibiliza a opção de exclusão da conta, garantindo ao usuário maior autonomia sobre suas informações. Essa funcionalidade contribui para a personalização da experiência de uso, favorecendo a atualização contínua dos dados e reforçando aspectos relacionados à usabilidade e ao gerenciamento seguro das informações armazenadas na plataforma. Já a Figura 3 apresenta a tela inicial da plataforma Recicle+, exibida imediatamente após a autenticação do usuário.

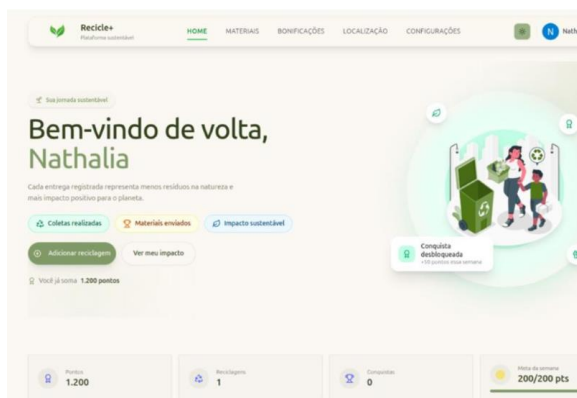


Figura 3 – Interface inicial da plataforma Recicle+ após autenticação do usuário.

Essa interface foi desenvolvida para fornecer uma visão geral do desempenho individual, reunindo, em um único ambiente, informações relacionadas às atividades de reciclagem, à pontuação acumulada e ao progresso alcançado na plataforma. O painel inicial exibe indicadores como quantidade de pontos obtidos, número de reciclagens realizadas, conquistas desbloqueadas e metas semanais, permitindo que o usuário acompanhe sua evolução de forma clara e intuitiva.

Além dos indicadores de desempenho, a interface disponibiliza acesso direto às principais funcionalidades do sistema, incluindo o registro de novas reciclagens, a consulta aos materiais aceitos, a visualização das bonificações disponíveis e a localização de pontos de coleta. A incorporação de

elementos visuais relacionados às conquistas, ao progresso e às metas individuais reforça a estratégia de gamificação implementada na plataforma, proporcionando feedback contínuo aos usuários e estimulando sua participação nas atividades propostas. De acordo com Deterding et al. (2011), a utilização de elementos característicos dos jogos em contextos não lúdicos favorece o aumento da motivação, do engajamento e da participação dos usuários. Nesse contexto, a tela inicial atua como um painel de acompanhamento das atividades sustentáveis, integrando informações sobre desempenho, progresso e recompensas em um ambiente intuitivo, capaz de incentivar a continuidade das práticas de reciclagem e fortalecer comportamentos alinhados aos princípios da sustentabilidade.

A partir da tela inicial, o usuário pode acessar o módulo de registro de reciclagem, responsável por operacionalizar o processo de contabilização das ações sustentáveis realizadas na plataforma.

A Figura 4 apresenta essa funcionalidade, descrevendo o fluxo completo necessário para a obtenção da pontuação.

Inicialmente, o usuário registra a reciclagem informando o material descartado e, em seguida, realiza o envio de uma fotografia para comprovação da atividade. Posteriormente, a imagem é submetida a um mecanismo de análise automatizada, responsável por verificar a compatibilidade entre o material informado e o registro fotográfico. Após a validação, a reciclagem é aprovada e os pontos correspondentes são automaticamente creditados ao perfil do usuário. Além do fluxo operacional, a interface disponibiliza o histórico das reciclagens realizadas e um painel que apresenta o impacto sustentável gerado, representado pela pontuação acumulada e pelo progresso em relação às metas estabelecidas. De acordo com Hamari, Koivisto e Sarsa (2014), mecanismos de gamificação baseados em feedback contínuo, acompanhamento do progresso e sistemas de recompensas contribuem significativamente para aumentar o engajamento e incentivar mudanças comportamentais dos usuários. Nesse contexto, a plataforma oferece transparência ao processo de validação das atividades, fortalece a motivação dos participantes e estimula a continuidade das práticas de reciclagem, favorecendo a adoção de hábitos mais sustentáveis.

Após o registro e a validação das reciclagens, a plataforma disponibiliza um módulo voltado à orientação dos usuários quanto aos materiais aceitos e à respectiva pontuação atribuída a cada categoria. A Figura 5 apresenta a interface do Guia de Materiais

Recicláveis, desenvolvida para apoiar a educação ambiental e facilitar a correta identificação dos resíduos passíveis de reciclagem. O módulo organiza os materiais em categorias, como plástico, vidro, metal, papel e resíduos eletrônicos, fornecendo informações que auxiliam o usuário na separação adequada dos resíduos antes do descarte. Além de contribuir para a conscientização ambiental, essa funcionalidade torna o processo de registro mais preciso, reduzindo erros de classificação e favorecendo a validação automatizada realizada pelo sistema. Dessa forma, o guia atua como um recurso complementar à estratégia de gamificação, integrando informação, orientação e incentivo às práticas sustentáveis, ao mesmo tempo em que fortalece a qualidade dos dados registrados na plataforma e promove maior engajamento dos participantes.

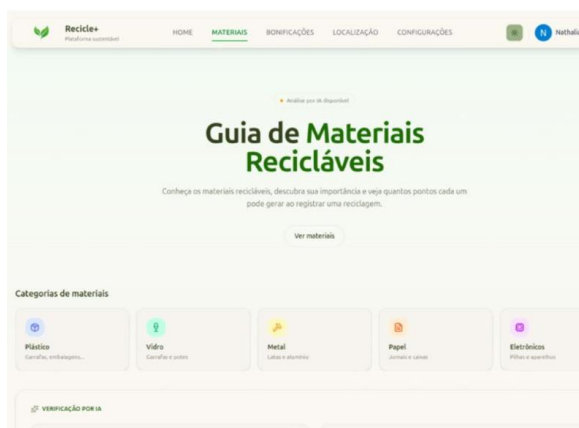


Figura 5. Interface do módulo Guia de Materiais Recicláveis da plataforma Recicle+.

Após consultar o guia de materiais recicláveis, o usuário pode registrar a evidência da reciclagem por meio do módulo apresentado na Figura 6. Essa funcionalidade permite o envio de uma fotografia do material reciclável, que é submetida a um processo de análise automatizada baseado em técnicas de inteligência artificial, com o objetivo de verificar a correspondência entre a imagem enviada e o tipo de material informado. Esse procedimento contribui para aumentar a confiabilidade da validação das atividades e assegurar a correta atribuição da pontuação ao usuário. Além da área destinada ao envio e à análise das imagens, a interface disponibiliza informações complementares, como a lista de materiais cadastrados, o nível de importância de cada categoria e a quantidade de pontos associados a cada tipo de resíduo. Esses recursos auxiliam na identificação dos materiais recicláveis e promovem maior conscientização quanto à

destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Segundo Goodfellow, Bengio e Courville (2016), técnicas de inteligência artificial aplicadas ao reconhecimento de padrões em imagens permitem automatizar processos de classificação com elevados níveis de precisão, reduzindo a dependência de validações exclusivamente manuais. Assim, ao integrar recursos de visão computacional, gerenciamento de informações e mecanismos de gamificação, o módulo amplia a confiabilidade do processo de validação, fortalece o engajamento dos usuários e incentiva a adoção contínua de práticas sustentáveis.

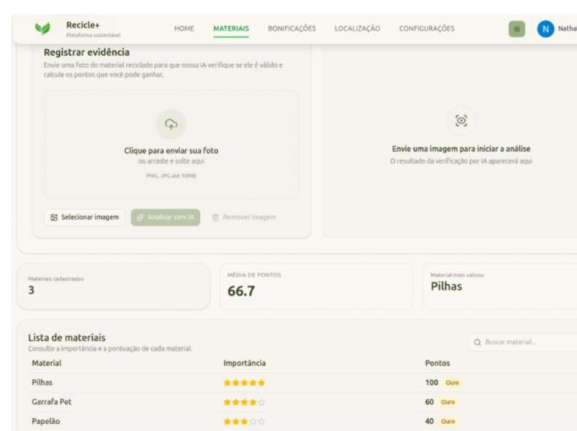


Figura 6. Interface do módulo de registro e análise inteligente de materiais recicláveis da plataforma Recicle+.

Após a validação das reciclagens e o acúmulo de pontos, o usuário pode acompanhar sua evolução por meio do módulo de bonificações, apresentado na Figura 7. Essa interface reúne os principais elementos do sistema de recompensas, permitindo visualizar a pontuação acumulada, o progresso em direção ao próximo prêmio e as recompensas disponíveis para resgate. O painel exibe, de forma intuitiva, o percentual de conclusão das metas e a quantidade de pontos necessária para desbloquear novos benefícios, fornecendo feedback contínuo sobre o desempenho do participante. Além disso, o módulo organiza as recompensas em categorias, distinguindo aquelas disponíveis, bloqueadas e já conquistadas, o que facilita o acompanhamento da evolução individual. Essa funcionalidade constitui um dos principais mecanismos de gamificação da plataforma, transformando o engajamento em práticas sustentáveis em benefícios concretos e incentivando a participação contínua dos usuários, contribuindo para a consolidação de hábitos ambientalmente responsáveis.

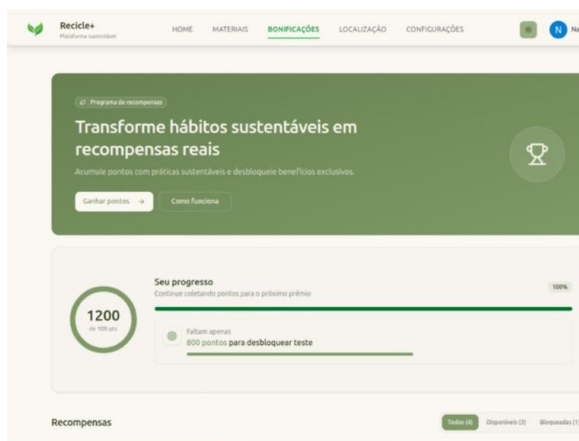


Figura 7. Interface do módulo de bonificações e acompanhamento do progresso da plataforma Recicle+.

Complementando as funcionalidades de conscientização, registro e recompensas, a plataforma disponibiliza um módulo de localização de ecopontos, apresentado na Figura 8, cujo objetivo é facilitar a destinação ambientalmente adequada dos materiais recicláveis.

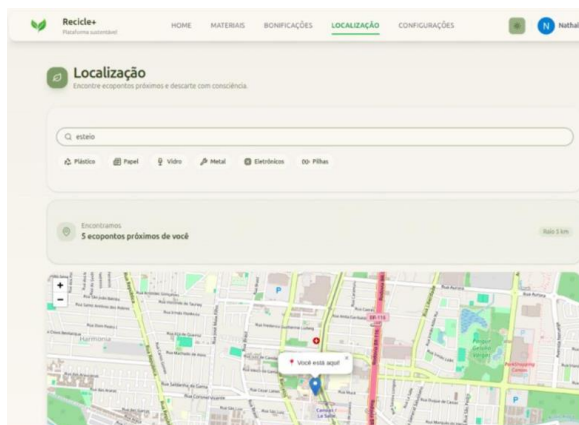


Figura 8. Interface do módulo de localização de ecopontos da plataforma Recicle+.

A interface integra um mapa interativo que utiliza a localização do usuário para identificar os pontos de coleta mais próximos, permitindo pesquisas por cidade ou região, bem como a filtragem por categorias de resíduos, incluindo plástico, papel, vidro, metal, eletrônicos e pilhas. Além da representação espacial dos ecopontos, o sistema informa a quantidade de locais encontrados dentro de um raio previamente definido, auxiliando o usuário na escolha da alternativa mais conveniente para o descarte. Conforme destacam Longley et al. (2015), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem importantes ferramentas de apoio à tomada de decisão, pois permitem integrar informações espaciais e atributos descritivos para

facilitar a análise e o planejamento de ações em diferentes contextos. Nesse sentido, a incorporação do módulo de localização amplia o alcance da plataforma ao conectar o ambiente digital às ações realizadas no espaço urbano, reduzindo barreiras logísticas à reciclagem e promovendo o descarte ambientalmente adequado dos resíduos. Dessa forma, essa funcionalidade complementa os mecanismos de gamificação ao oferecer suporte prático às atividades sustentáveis, fortalecendo o engajamento dos usuários e contribuindo para a promoção da economia circular e da educação ambiental.

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento do Recicle+, uma plataforma web concebida para incentivar práticas de reciclagem por meio da integração entre gamificação, inteligência artificial e tecnologias web modernas. Fundamentada na abordagem Design Science Research (DSR), a pesquisa resultou na construção de um artefato tecnológico capaz de promover maior engajamento dos usuários em ações sustentáveis, reunindo em um único ambiente funcionalidades de registro de reciclagens, validação inteligente de materiais, acompanhamento do desempenho, sistema de recompensas e localização de ecopontos.

Os resultados evidenciam que a combinação de mecanismos de gamificação, recursos de inteligência artificial e ferramentas de geolocalização representa uma abordagem promissora para incentivar mudanças comportamentais e ampliar a participação da população em iniciativas voltadas à sustentabilidade. Ao transformar ações de reciclagem em experiências interativas e recompensadoras, a plataforma favorece a educação ambiental, fortalece o engajamento contínuo dos usuários e contribui para a consolidação de hábitos alinhados aos princípios da economia circular.

Além de sua contribuição tecnológica, o Recicle+ demonstra o potencial dos Sistemas de Informação como instrumentos de transformação social, evidenciando que soluções digitais podem atuar como agentes facilitadores da conscientização ambiental e da participação cidadã. A arquitetura desenvolvida possibilita a incorporação de novas funcionalidades e a integração com iniciativas públicas e privadas, ampliando as possibilidades de aplicação da plataforma em programas educacionais, campanhas de coleta seletiva, políticas públicas de gestão de resíduos sólidos e projetos de responsabilidade socioambiental.

Como perspectivas futuras, a plataforma apresenta elevado potencial para incorporar modelos mais avançados de inteligência artificial para



reconhecimento automático de resíduos, sistemas de recomendação personalizados, integração com dispositivos da Internet das Coisas (IoT), programas municipais de coleta seletiva e mecanismos de análise de indicadores ambientais em tempo real. Essas evoluções poderão ampliar significativamente a capacidade do sistema de apoiar a tomada de decisão, incentivar comportamentos sustentáveis e contribuir para o desenvolvimento de cidades mais inteligentes, resilientes e comprometidas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Dessa forma, conclui-se que o Recicle+ representa uma solução tecnológica inovadora, com elevado potencial de aplicação prática e científica, demonstrando que a convergência entre gamificação, inteligência artificial e sistemas web pode desempenhar um papel relevante na promoção da sustentabilidade, da educação ambiental e da economia circular, contribuindo para a construção de uma sociedade mais consciente, participativa e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMSE, W.; STEG, L. **Social influence approaches to encourage resource conservation: A meta-analysis**. *Global Environmental Change*, v. 23, n. 6, p. 1773–1785, 2013.
- DECI, E. L.; RYAN, R. M. **The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior**. *Psychological Inquiry*, v. 11, n. 4, p. 227–268, 2000.
- DETERDING, Sebastian; DIXON, Dan; KHALED, Rilla; NACKE, Lennart. **From game design elements to gamefulness: defining "gamification"**. In: *INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE: ENVISIONING FUTURE MEDIA ENVIRONMENTS*, 15., 2011, Tampere. *Proceedings [...]*. New York: ACM, 2011. p. 9–15.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2013.
- FUCHTER, S. K. et al. **O uso do game como ferramenta de educação e sensibilização sobre a reciclagem de lixo**. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, v. 13, n. 31, p. 56–82, 2016.
- GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. Cambridge: MIT Press, 2016.
- HAMARI, Juho; KOIVISTO, Jonna; SARSA, Harri. **Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification**. In: *HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS)*, 47., 2014, Waikoloa. *Proceedings [...]*. Piscataway: IEEE, 2014. p. 3025–3034.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 9241-210: Ergonomics of human-system interaction — Human-centred design for interactive systems**. Geneva: ISO, 2019.
- LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Geographic Information Science and Systems**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. San Diego: Academic Press, 1993.
- NORMAN, Donald A. **The Design of Everyday Things**. Revised and expanded ed. New York: Basic Books, 2013.
- PEFFERS, Ken et al. **A Design Science Research Methodology for Information Systems Research**. *Journal of Management Information Systems*, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007.
- PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.
- REACT. **React Documentation**. Disponível em: <https://react.dev/>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- SILVA, I. A. **Uma proposta de gamificação para educação ambiental com foco em reciclagem**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.
- SOMMERVILLE, Ian. **Software Engineering**. 10. ed. Boston: Pearson, 2016.
- TRELLO. **Trello Guide**. Disponível em: <https://trello.com/>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- TYPESCRIPT. **TypeScript Documentation**. Disponível em: <https://www.typescriptlang.org/>. Acesso em: 30 jun. 2026.



UNITED NATIONS. **Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.** New York: United Nations, 2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Global Waste Management Outlook 2024.** Nairobi: UNEP, 2024.

WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan. **For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business.** Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2025.** Geneva: World Economic Forum, 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global Strategy on Digital Health 2020–2025.** Geneva: WHO, 2021.

ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. **Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps.** Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.