

APLICATIVO GAMIFICADO PARA INCENTIVAR O DESCARTE CORRETO DE LIXO ELETRÔNICO: PROPOSTA DE PROTÓTIPO MOBILE

Iasmim Savi Mondo de Bitencourt¹, Marcel Campos Inocencio²

Resumo: O aumento dos resíduos eletroeletrônicos amplia riscos ambientais e sanitários, exigindo soluções que aproximem informação, pontos de coleta e ação do usuário. Este trabalho tem por objetivo incentivar o descarte correto de resíduos eletrônicos por meio de um aplicativo móvel que integra geolocalização de pontos de coleta, leitura de QR Code e mecânicas de gamificação, de modo a promover o uso contínuo do aplicativo e a participação recorrente dos usuários no processo de reciclagem. Adotou-se pesquisa aplicada com ciclo iterativo de prototipação—implementação—avaliação, desenvolvimento de app em React Native, com API em Laravel e publicação em nuvem. A usabilidade foi aferida no próprio app em testes fechados utilizando a escala de Likert de 5 pontos. Os resultados indicaram médias elevadas em facilidade de uso e instruções claras, além de altos índices de satisfação geral e recomendação do app, sugerindo curva de aprendizagem curta, experiência fluida e aceitação ampla. Conclui-se que o protótipo é tecnicamente viável e operacionalmente aderente, ao acoplar pontos físicos e aplicativo via QR Code em arquitetura reproduzível e escalável, favorecendo práticas sustentáveis de descarte eletrônico.

Palavras-chave: resíduos eletrônicos; gamificação; aplicativo móvel; logística reversa; geolocalização; QR Code.

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

²Orientador. Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), marcel.inocencio@gmail.com

ABSTRACT: The growth of electronic waste increases environmental and public-health risks, demanding solutions that bridge information, collection points, and user action. This study aims to encourage proper disposal through a mobile application that integrates geolocation of collection sites, QR-code scanning, and gamification to promote sustained use. We conducted applied research with an iterative prototyping–implementation–evaluation cycle; developed a React Native app with a Laravel API; and deployed the system in the cloud. Usability was assessed in-app during a closed test using a five-point Likert scale. Results showed high means for ease of use and clarity of instructions, along with high levels of overall satisfaction and willingness to recommend the app, suggesting a short learning curve, a smooth experience, and broad acceptance. We conclude that the prototype is technically feasible and operationally sound, coupling physical collection points and the application via QR code within a reproducible, scalable architecture that supports sustainable electronic-waste disposal practices.

Keywords: e-waste; gamification; mobile application; reverse logistics; geolocation; QR code.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e o uso cada vez mais frequente de dispositivos eletrônicos, tornou-se evidente o aumento na geração de resíduos eletroeletrônicos, também conhecidos como lixo eletrônico, que trazem riscos significativos ao meio ambiente e à saúde pública devido à presença de materiais tóxicos e componentes de difícil decomposição (Tanaue et al., 2015). Esses resíduos abrangem equipamentos e componentes elétricos e eletrônicos descartados cuja diversidade de materiais e a presença de substâncias perigosas exigem práticas específicas de coleta, triagem, reutilização e reciclagem, quando mal geridos, intensificam os impactos socioambientais e reforçam a necessidade de políticas públicas e soluções tecnológicas integradas (Pont; Robles; Gil, 2019).

No Brasil, o cenário é particularmente desafiador: o país lidera a geração de lixo eletrônico na América do Sul e figura entre os cinco maiores produtores do mundo; 85% da população mantém resíduos eletrônicos em casa e, entre os que descartam corretamente, apenas 22% o fazem com regularidade (GreenEletron, 2023). Em escala global, projeta-se que o volume de resíduos alcance 82 milhões de toneladas até 2030, crescimento

de 33% em relação a 2022, com incremento médio anual de 2,6 milhões de toneladas (The Global E-waste Monitor, 2024).

Entre os fatores que agravam essa dinâmica, destaca-se a obsolescência programada, entendida como a redução deliberada da vida útil de produtos para acelerar sua substituição. Ela se manifesta em dimensões técnica/funcional, estética/psicológica e por incompatibilidades de software, encurtando ciclos de reposição, intensificando o consumo e ampliando a geração de resíduos e seus impactos ambientais (Carvalho; Miranda; Avelar, 2023; Lucaora; Souza, 2021).

Diante desse quadro, soluções digitais surgem como instrumentos promissores para fomentar conscientização e práticas sustentáveis: aplicativos móveis, geolocalização e gamificação tornam o aprendizado mais dinâmico e acessível, aproximando usuários do descarte correto e da logística reversa (Rossetto, 2024; Vianna, 2013). Em particular, o modelo de Kevin Werbach (Figura 1) estrutura a gamificação em componentes, mecânicas e dinâmicas, oferecendo um guia prático para desenho de experiências engajadoras (Moura; Bicalho, 2023). Do ponto de vista comportamental, o condicionamento operante de Skinner sustenta o uso de recompensas (medalhas, pontos, feedbacks imediatos) como reforços positivos para incentivar hábitos sustentáveis, como metas e desafios recorrentes de reciclagem (Correia, 2024).

Figura 1 - Modelo da experiência gamificada proposto por Kevin Werbach



Fonte: Elaborado pela autora.

A responsabilidade ambiental pelos resíduos é compartilhada entre fabricantes, comerciantes, consumidores e poder público, exigindo

ações coordenadas de toda a cadeia produtiva e de consumo, cada pessoa pode contribuir adotando práticas sustentáveis no uso e descarte de eletrônicos (Souza; Rocha, 2023). Nessa direção, a TI Verde tem se consolidado como estratégia para mitigar os impactos do avanço tecnológico, orientando decisões de infraestrutura e software sob critérios de sustentabilidade, eficiência e responsabilidade socioambiental, reduzindo desperdícios, emissões e consumo energético sem comprometer a viabilidade do negócio (Verdecchia et al., 2021).

Complementarmente, a logística reversa atua no planejamento e na gestão do retorno de produtos ao ciclo produtivo, agregando valor estratégico, econômico e operacional, aspecto especialmente relevante para o setor de eletrônicos (Freitas, 2024).

Estudos correlatos reforçam iniciativas que combinam tecnologia, educação e mecanismos de engajamento, com métodos e resultados claros. Nesse sentido, Silva (2020) desenvolveu a “Plataforma web colaborativa para logística reversa no Brasil”, que centraliza pontos de coleta em mapa e conteúdos educativos. A solução foi validada com usuários da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) e, a partir dos feedbacks coletados, identificou-se a necessidade de incorporar elementos gamificados para sustentar o uso recorrente da plataforma.

O jogo “Robolix” utiliza missões, desafios e feedback imediato com alunos do ensino fundamental e, em testes controlados, apresentou ganho pedagógico no entendimento do descarte correto de resíduos. Contudo, sua aplicação ainda se limita ao ambiente escolar, sem integração com ações territoriais ou pontos reais de coleta (Rodrigues, 2023).

A “Proposta de Plataforma Gamificada para Promover Descarte de Lixo Eletrônico em uma Atividade Rentável, Divertida e Sustentável” propõe trocas e doações com recompensas e ranqueamento para estimular participação contínua. Os autores relatam incremento de engajamento e conscientização, mas registram a lacuna de fluxos específicos para itens sem reaproveitamento imediato (Medeiros et al., 2023).

No México, a “Ecolana” combina app e site, scanner de código de barras e pontuação (“ecolanitas”) convertida em benefícios, reportando impacto prático de toneladas de resíduos recuperadas, o que evidencia a força de diretórios acessíveis associados a recompensas (Innovation, 2023).

Por fim, na Suécia, o estudo “Levelling up the Recycling Experience: Gamification of Recycling through an Innovative Recycling Station” integrou uma estação física de reciclagem a um aplicativo móvel gamifi-

cado e acompanhou quinze residências por cinco meses, combinando missões, conquistas, quizzes e mapa de progressão. Os resultados apontaram maior engajamento, ganho de conhecimento e atitudes mais positivas diante da reciclagem, sugerindo que o acoplamento físico-digital potencializa a mudança de comportamento (Rosenlund et al., 2025). Tomados em conjunto, esses estudos evidenciam que informação estruturada, ludicidade e incentivos aumentam a adesão e convertem intenção em descarte efetivo e recorrente.

Considerando esse cenário, o objetivo geral desta pesquisa é incentivar o descarte correto de resíduos eletrônicos. Especificamente, busca-se relacionar conceitos de sustentabilidade com práticas de descarte digitalmente assistidas; desenvolver um protótipo com foco em desempenho, usabilidade e escalabilidade; implementar geolocalização para indicar pontos de descarte; e aplicar elementos de gamificação para incentivar o uso contínuo do aplicativo.

Para viabilizar a solução, o sistema adota uma arquitetura composta por React Native na camada de interface, Laravel no backend e MySQL para persistência: o React Native permite entregar experiência nativa em Android/iOS a partir de uma única base de código em JavaScript, traduzindo componentes para elementos nativos (React Native, 2025). O Laravel organiza o servidor com recursos como roteamento, mapeamento objeto-relacional, filas, agendamento e testes, reduzindo a complexidade operacional (Laravel, 2025). O MySQL provê um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional robusto, com integridade referencial e consultas SQL eficientes, adequado a cenários que exigem consistência e escalabilidade (MySQL Documentation, 2025).

Complementarmente, a infraestrutura utiliza Amazon Web Services (AWS) para provisionamento em nuvem (armazenamento e serviços gerenciados), GitHub para controle de versão, colaboração e automação de CI/CD, e Namecheap para registro e gerenciamento de domínios (DNS e SSL), garantindo publicação e roteamento confiáveis do aplicativo (AWS, ; GitHub, ; Namecheap, 2025).

No que tange à validação, a avaliação ocorreu em duas etapas: (i) testes em bancada, focados em desempenho, estabilidade e usabilidade do protótipo; e (ii) um ciclo de testes fechados no Google Play com 15 avaliadores, no qual a experiência de uso foi aferida por meio de itens em escala de Likert de 5 pontos, categorias ordenadas que capturam intensidade de percepção (por exemplo, de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”),

tratadas analiticamente como variáveis ordinais, conforme Guangyong, Zou e Qiu (2023).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, adotou-se uma abordagem qualitativa, por buscar compreender e propor soluções para o problema do descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos a partir do desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica. Trata-se de uma investigação de caráter aplicado, voltada à criação de um aplicativo funcional, com utilidade prática e alinhado a objetivos socioambientais. O método seguiu um ciclo iterativo de prototipação–implementação–avaliação, contemplando levantamento de requisitos, desenho de interface, modelagem de dados, construção de serviços, integração móvel–web, testes e avaliação de usabilidade.

2.1 MODELAGEM DE DADOS

Inicialmente, mapeou-se o fluxo de descarte e os atores envolvidos (reciclador e ponto de coleta), elencando requisitos funcionais e não funcionais do protótipo (cadastro, autenticação, localização de pontos de coleta, registro de reciclagens, trilha de gamificação, recompensas e avaliações no app). Com base nesse mapeamento, elaborou-se o diagrama de casos de uso (Figura 2), que sintetiza as interações entre Reciclador/Usuário e Ponto de Coleta e orienta as decisões de design e priorização das funcionalidades.

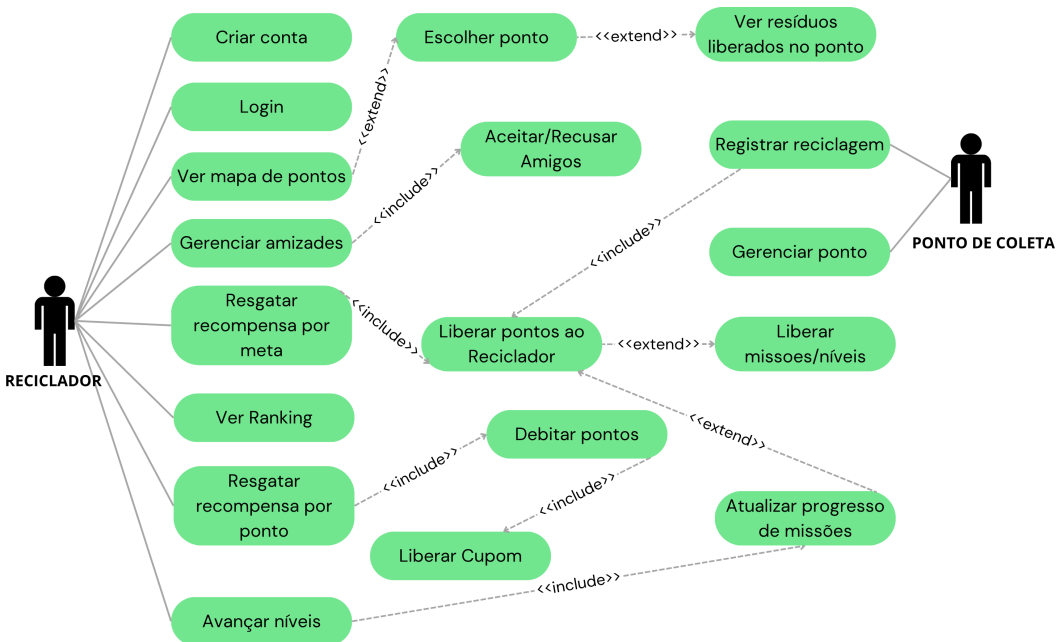
Na Figura 2, o ator Reciclador representa o usuário final do aplicativo, responsável por criar conta, autenticar-se e escolher um ponto no mapa. A cada reciclagem validada no ponto físico, o usuário acumula pontos (XP), calculados a partir do tipo e da quantidade de resíduos descartados. Esses pontos permitem avançar níveis, aparecer no ranking e resgatar recompensas, caracterizando o núcleo da proposta de gamificação. O recurso de “gerenciar amizades” permite ao Reciclador adicionar outros usuários e acompanhar seu progresso, reforçando o engajamento social em torno do descarte correto.

O ator Ponto de Coleta, por sua vez, é operado por um responsável no local físico, que realiza o “gerenciar ponto” (atualização de dados do ponto e materiais aceitos) e registra as reciclagens efetuadas. Na prática, o fluxo ocorre da seguinte forma: o usuário seleciona um ponto no aplicativo, dirige-se até ele, apresenta o QR Code e, ao registrar a reciclagem, o

operador libera pontos ao Reciclador.

Em seguida, a modelagem dos dados foi detalhada por meio de um diagrama Entidade–Relacionamento (EER) (ver Apêndice A), que traduz os casos de uso em estruturas persistentes. O núcleo operacional reúne users, collection_points, wastes e recyclings: cada reciclagem associa o reciclador, o ponto receptor e o resíduo correspondente. A camada de gamificação organiza levels e level_steps, acompanha o progresso em user_level_progress, vincula desafios em missions e user_missions e registra incentivos em rewards e user_rewards. Os recursos sociais e de avaliação incluem friendships (relações entre usuários) e evaluations (feedback de uso).

Figura 2 - Diagrama de casos de uso

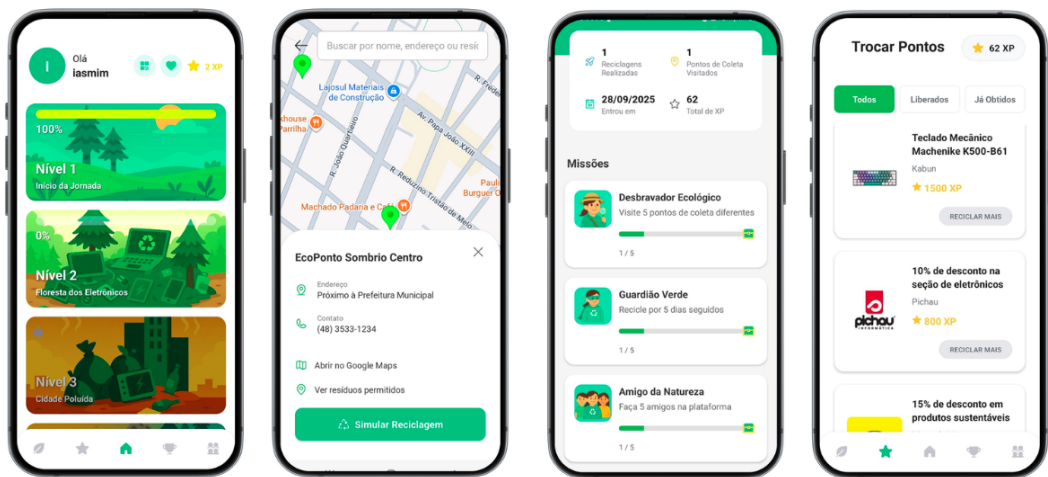


Fonte: Elaborado pela autora.

2.2 PROTOTIPAÇÃO DAS TELAS

Articulado ao diagrama de casos de uso (Figura 2) e à modelagem EER (Apêndice A), que estabilizaram fluxos, entidades e atributos, conduziu-se a prototipação evolutiva das telas do aplicativo, alinhando interface e dados. A Figura 3 apresenta o conjunto de telas que contempla cadastro/login, onboarding, mapa de pontos, fluxo de reciclagem (real e modo simulado para testes), ranking, amigos, missões e catálogo de recompensas, orientando decisões de usabilidade e priorização antes da implementação.

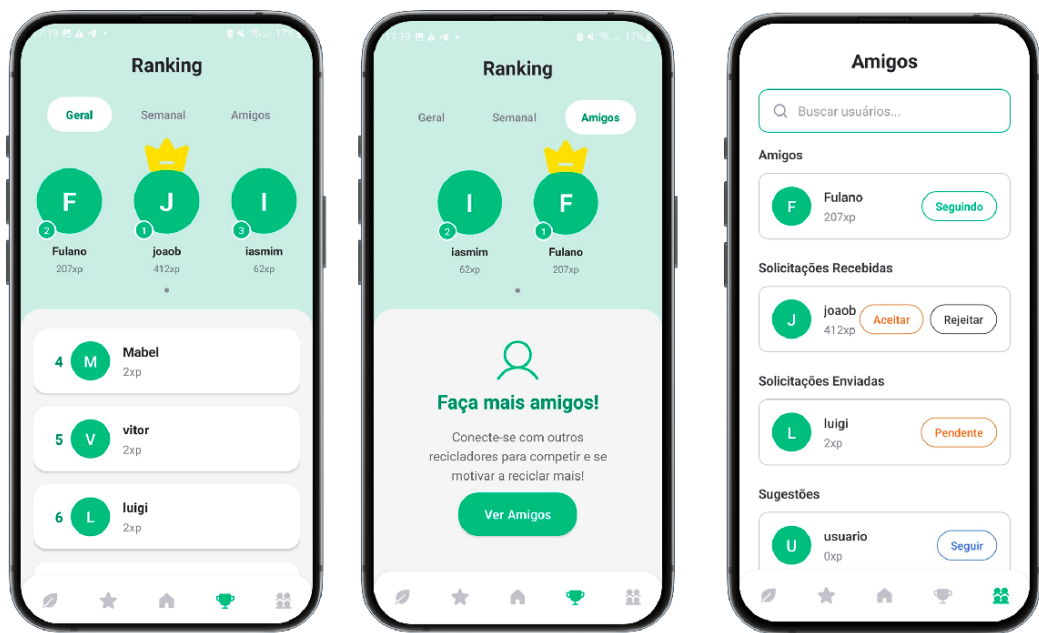
Figura 3 - Telas da aplicação (Versão Reciclador)



Fonte: Elaborado pela autora.

Há ainda uma seção de ranking que permite comparar o desempenho por XP acumulado de forma geral e entre amigos adicionados no app, promovendo competição saudável e senso de progresso, conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 4 - Página de Ranking e Amigos no APP



Fonte: Elaborado pela autora.

A gamificação foi incorporada para aumentar engajamento e recorrência no uso do app. Na página inicial, o usuário visualiza níveis que

compõem uma narrativa do personagem Reciclador, para avançar na história é necessário acumular pontos de experiência (XP). Esses pontos são obtidos principalmente por meio do registro de reciclagens realizadas em pontos de coleta. Entre etapas da narrativa, são apresentados quizzes com perguntas sobre meio ambiente, que reforçam conteúdo educativo e também concedem XP.

Paralelamente, o menu do usuário Reciclador disponibiliza missões, desafios que geram XP adicional e estimulam hábitos desejados, como reciclar em cinco pontos de coleta diferentes ou manter sequência de reciclagens por semanas consecutivas.

Esse conjunto de mecânicas busca oferecer feedback imediato, metas claras e reforços positivos, incentivando a continuidade das reciclagens.

2.3 DESENVOLVIMENTO

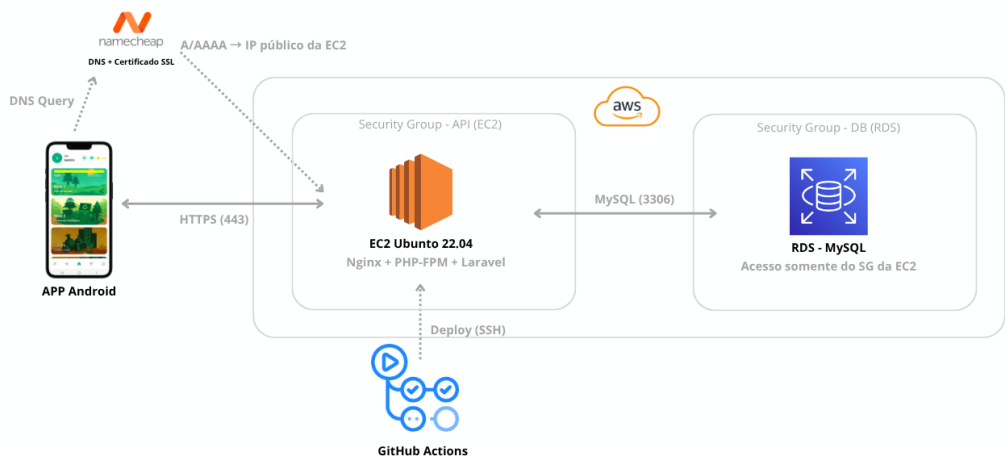
Implementou-se o aplicativo com React Native 0.74.5 e Expo 51.0.0, utilizando o Expo para padronizar recursos nativos e reduzir configuração entre Android e iOS. Foram empregadas APIs de câmera, geolocalização e leitura de QR Code, esta última utilizada para que o responsável no ponto de coleta identifique rapidamente o reciclador e vincule a reciclagem ao seu perfil no momento do atendimento. As telas foram inicialmente construídas com dados mocados para validar fluxos e usabilidade, contemplando dois perfis: Reciclador, que leva o material aos pontos de coleta, e Ponto de Coleta, responsável por cadastrar a reciclagem no sistema.

Na API, o desenvolvimento iniciou-se localmente com Laravel 12 e PHP 8.2, incluindo a criação do banco de dados também em ambiente local por meio de migrations alinhadas ao diagrama Entidade–Relacionamento apresentado, além de seeders para popular dados iniciais de missões, níveis e resíduos padrão, garantindo um ambiente consistente para testes e validação dos fluxos. Após testes e validações em desenvolvimento, iniciou-se a publicação em ambiente de produção.

Conforme a Figura 5, para a API, utilizou-se a AWS, com uma instância EC2 Ubuntu 22.04 (t3.micro) para hospedar o backend, Nginx configurado como proxy reverso e gerenciamento de processos PHP-FPM. O domínio e o SSL foram configurados via Namecheap (benefício educacional do GitHub), garantindo acesso seguro via HTTPS. O banco de dados foi provisionado no Amazon RDS (MySQL), os Security Groups foram configurados para restringir o acesso ao banco apenas à instância da API, refor-

çando a segurança. Para agilizar entregas, criou-se um workflow no GitHub que aciona um processo de deploy no servidor (pull do repositório, dependências, migrações e limpeza de cache), automatizando a atualização da aplicação em produção.

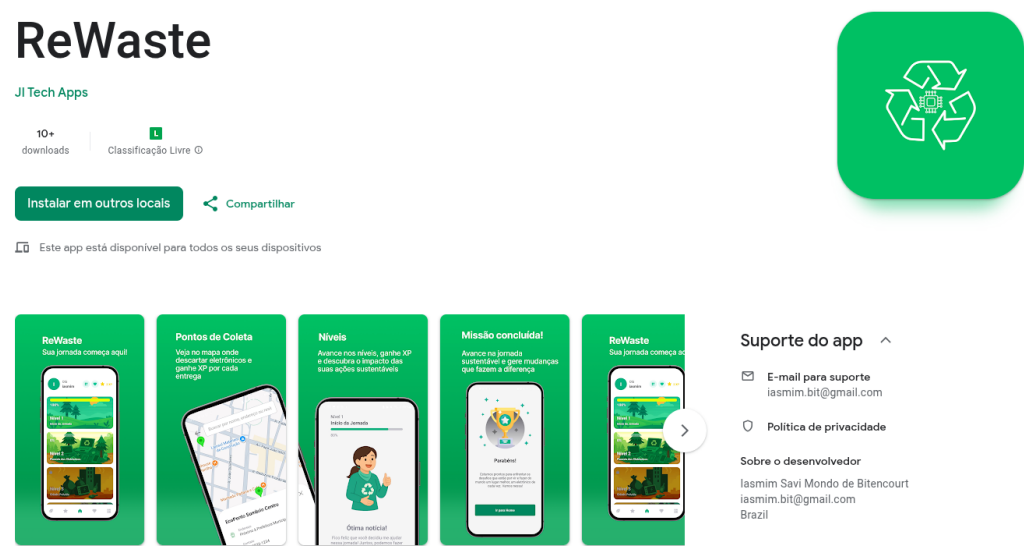
Figura 5 - Arquitetura da aplicação



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o aplicativo móvel, gerou-se o pacote Android App Bundle (AAB) e procedeu-se à publicação na Google Play Console (Figura 6), com revisão de permissões e políticas, definição de versionCode, release notes e demais metadados.

Figura 6 - Página do app na Google Play (teste fechado)



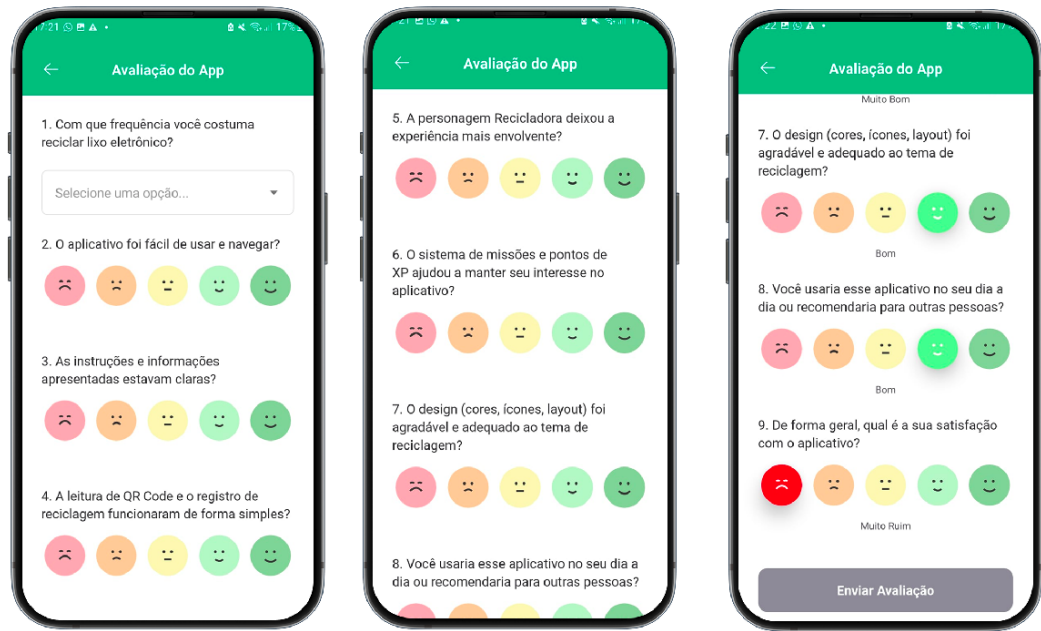
Fonte: Elaborado pela autora.

Em seguida, criou-se a faixa de Testes Fechados, com ativos de loja (ícones, capturas de tela, breve e longa descrição) e configuração da listagem, como se vê na Figura 6. A divulgação dos testes foi realizada de forma aberta pelas redes sociais (WhatsApp e Instagram), os interessados manifestaram-se voluntariamente e enviaram seus e-mails para inclusão na lista de Teste Fechado da Play Store. Não houve critério prévio de idade, área de atuação ou perfil, tratou-se de uma amostra de conveniência e auto-selecionada.

2.4 AVALIAÇÃO

No aplicativo, a avaliação de usabilidade foi realizada por meio de uma escala de Likert de 5 pontos com ícones afetivos, exibidos abaixo de cada item, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Página de Avaliação no APP



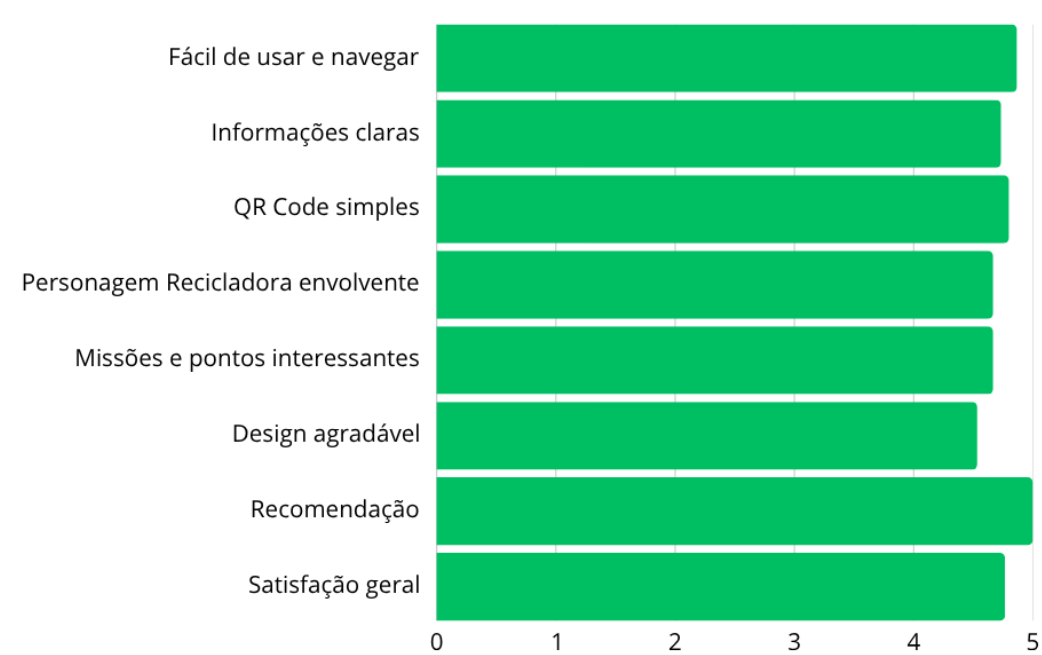
Fonte: Elaborado pela autora.

O participante selecionou uma das cinco opções visuais, variando de expressão muito negativa a muito positiva, registradas numericamente de 1 a 5. A questão 1 utilizou rótulos de frequência (“Nunca”, “Raramente”, “Às vezes”, “Frequentemente”, “Sempre”). O questionário foi acessado por um atalho na tela inicial, permitindo responder sem sair do app.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos por meio da análise de quinze avaliações de usabilidade coletadas no aplicativo, durante testes realizados entre 06/10/2025 e 20/10/2025. Dos 15 respondentes, a frequência de reciclagem foi 33,3% “Nunca”, 20,0% “Raramente”, 26,7% “Às vezes” e 20,0% “Sempre”, indicando um público com predominância de baixa a média recorrência, contexto relevante para avaliar *onboarding* e mecanismos de engajamento. Em seguida, as avaliações de usabilidade foram analisadas em escala de Likert (1–5), agregadas por item e sintetizadas em médias e distribuição percentual, permitindo observar tendências centrais e dispersão. A Figura 8 apresenta a média por pergunta e serve como referência principal para a interpretação a seguir.

Figura 8 - Média por pergunta



Fonte: Elaborado pela autora.

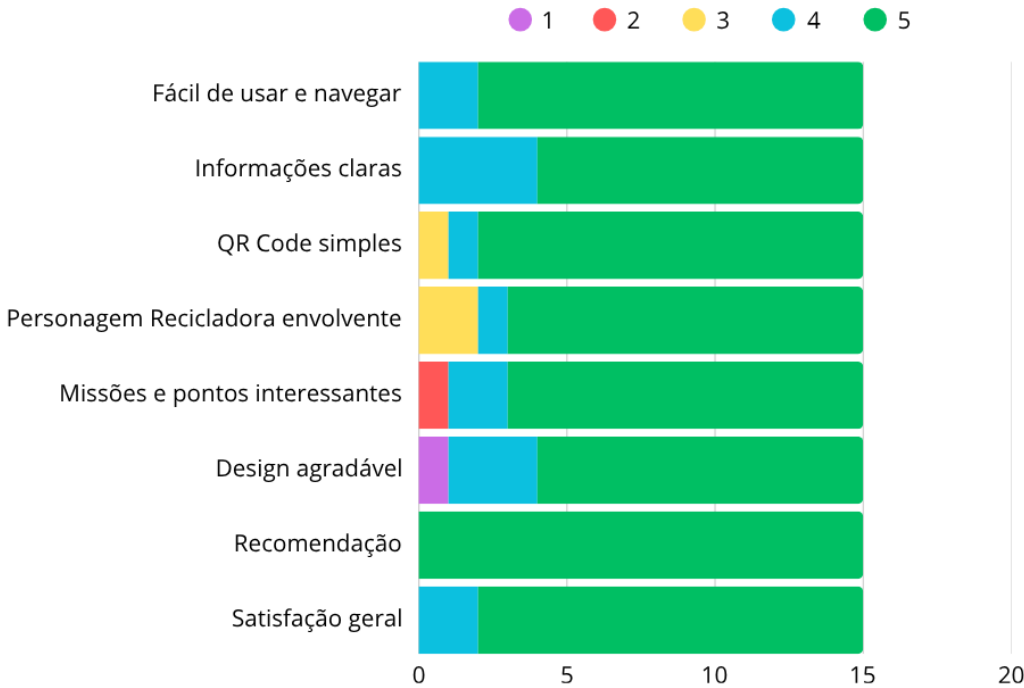
No eixo de engajamento, os itens relacionados a missões e XP e à personagem Recicladora concentraram-se em notas altas (predominância de 4–5), indicando boa aceitação das mecânicas de ludicidade. Ainda assim, a ligeira queda de média frente aos itens operacionais sugere espaço para ajustar frequência de missões, variedade de desafios e presença contextual da personagem em momentos-chave (conclusões e recompensas), de modo a reforçar motivação e senso de progressão contínua.

Quanto ao layout e estética, o item de design (cores, ícones e

organização visual) manteve média elevada, mas com maior dispersão, sugerindo percepções visuais diferentes entre os participantes. Esse padrão indica a necessidade de um novo ciclo de revisão de UI, com atenção a contraste, legibilidade de ícones e consistência das telas, para reduzir variabilidade e tornar a experiência mais uniforme, conforme Figura 9.

No aspecto de facilidade, os itens “fácil de usar” e “instruções claras” obtiveram médias altas e distribuição assimétrica para valores máximos, sinalizando curva de aprendizagem curta e fluxos essenciais bem resolvidos. O desempenho desses itens reforça decisões de design tomadas na prototipação (orientações visuais simples, rotas curtas e feedback imediato), resultando em experiência fluida já no primeiro contato.

Figura 9 - Distribuição percentual das respostas por pergunta



Fonte: Elaborado pela autora.

Em satisfação geral e intenção de recomendação, observaram-se os melhores resultados: a satisfação global manteve-se próxima do teto e “recomendaria o app” atingiu média muito alta, sugerindo aceitação ampla do protótipo e baixo risco de rejeição inicial. Em conjunto, os dados indicam aderência dos principais fluxos comportamentais e validação preliminar da proposta de valor.

Os resultados desta avaliação mostram-se coerentes com trabalhos anteriores. Silva (2020) indica que diretórios de pontos e conteúdos

educativos necessitam de elementos gamificados para sustentar o uso, o protótipo aqui avaliado incorpora missões, XP, ranking e personagem, e os resultados (médias altas em engajamento) fornecem evidências, ao apontar intenção de continuidade e recomendação. Diferentemente da plataforma web, a proposta é mobile-first e opera in loco nos pontos de coleta via QR Code, reduzindo o atrito entre informação e ação.

Em relação ao jogo educacional Robolix Rodrigues (2023), um jogo em plataforma 2D para web que apresenta, de forma lúdica, informações sobre o descarte correto de lixo eletrônico e cuja avaliação indicou diversão e percepção de aumento de conhecimento sobre o tema, este trabalho analisa um aplicativo gamificado voltado ao apoio do descarte em pontos de coleta. Enquanto o Robolix foca na aprendizagem conceitual sobre e-lixo e mede principalmente ganhos percebidos de conhecimento e dificuldades nas fases do jogo, a avaliação aqui realizada concentra-se em usabilidade, clareza de fluxo e percepção de engajamento. As altas médias nesses itens sugerem que mecânicas como missões, progressão e recompensas são compreendidas e bem recebidas também nesse contexto.

Propostas gamificadas com recompensas e ranqueamento Me-deiros et al. (2023) e soluções de mercado como a Ecolana (Innovation, 2023) demonstram impacto ao combinar a visualização de pontos de coleta em mapa com incentivos ao descarte. Os resultados de satisfação e recomendação no topo da escala apontam na mesma direção, com o diferencial de progressão por missões e validação por QR Code, caminho promissor para converter intenção em descarte efetivo, embora ainda seja necessário acompanhamento para mensurar impacto material. Por fim, enquanto o estudo sueco de acoplamento físico-digital Rosenlund et al. (2025) integra estações inteligentes, a solução aqui analisada aproxima-se desse modelo por meio de parcerias com pontos físicos.

4 CONCLUSÃO

A presente pesquisa partiu do problema do descarte inadequado de resíduos eletrônicos, frequentemente associado à escassez de informação acessível, à ausência de incentivos claros e à falta de feedback sobre o progresso do usuário. Como resposta a essa problemática, foi concebido e avaliado um protótipo mobile-first que integra diretório de pontos de coleta, fluxos operacionais com leitura de QR Code e um conjunto de mecânicas de gamificação (missões, XP, ranking e personagem-guia). A avaliação de usabilidade em escala de Likert indicou facilidade de uso, clareza e fluidez

como pontos fortes, além de elevada satisfação geral e intenção de recomendação, sugerindo viabilidade e boa aceitação inicial da proposta.

De forma geral, tais resultados indicam que o objetivo geral de incentivar o descarte correto de resíduos eletrônicos, bem como os objetivos específicos relacionados à integração entre sustentabilidade e descarte assistido digitalmente, ao desenvolvimento do protótipo, à geolocalização e à aplicação de elementos de gamificação, foram atendidos no âmbito deste estudo.

Do ponto de vista de contribuição, o estudo propõe um acoplamento físico-digital entre ponto de coleta e aplicativo: a cada reciclagem, o reciclador apresenta um QR Code gerado no app, que é lido no local e registra a operação no sistema, vinculando usuário, ponto e resíduo em tempo real. Esse mecanismo torna o descarte realizado no espaço físico imediatamente rastreável no ambiente digital, reduzindo erros de registro, necessidade de anotações paralelas e o risco de lançamentos fictícios, além de diminuir o atrito entre informação e ação. Apresenta, ainda, decisões de arquitetura e implantação reprodutíveis, API em nuvem, automação de deploy e publicação que podem orientar iniciativas semelhantes.

No campo de experiência do usuário, consolida mecânicas de engajamento (missões, XP, ranking e personagem) coerentes com o contexto cotidiano. Por fim, a análise comparativa posiciona a solução entre plataformas informativas, abordagens educacionais gamificadas e iniciativas de mercado, destacando como diferencial a progressão por missões integrada à validação no ponto de coleta.

Em pesquisas futuras, recomenda-se desenvolver um sistema web complementar para facilitar o cadastro e a gestão dos pontos de coleta (onboarding, atualização de horários/endereço, materiais aceitos, capacidade e status em tempo real), além de ampliar a visibilidade das informações para gestores e comunidade por meio de painéis com métricas operacionais e socioambientais. Também se propõe a generalização do modelo para outros fluxos de resíduos, com parametrização de missões, regras de pontuação e verificação no ponto de entrega. No aplicativo, sugere-se incorporar a troca direta dos pontos por benefícios digitais ou físicos, não apenas por cupons, via carteira integrada, catálogo dinâmico e confirmação da transação no próprio ponto de coleta, criando um ciclo de incentivo mais curto e verificável.

REFERÊNCIAS

AWS. **O que é a AWS?** Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is-aws/>>. Acesso em: 25 out. 2025.

CARVALHO, C. A. da S.; MIRANDA, M. G. de; AVELAR, K. E. S. **Política nacional de resíduos sólidos (pnrs), obsolescência programada e psicológica: impactos sobre pessoas e o meio ambiente.** Revista Interdisciplinar do Direito - RID, 2023, v. 21, n. 2, p. e20232102. Disponível em: <<https://revistas.faa.edu.br/FDV/article/view/1439/942>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

CORREIA, M. d. C. **Gamificação e motivação no ensino da Geografia: Amigas ou inimigas?** 2024. Relatório de Mestrado em Ensino de Geografia – Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Orientação: Prof. Dr. José Teixeira. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/164037/3/699772.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2025.

FREITAS, N. d. C. **Panorama dos Resíduos Eletrônicos Gerados no Brasil e o Sistema de Logística Reversa: Uma Revisão de Literatura.** 2024. Trabalho de Graduação (Monografia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”, Faculdade de Tecnologia de Bebedouro, Curso de Tecnologia em Logística, Acesso em: 26 mar. 2025. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/24335/1/TCC%20-%20Natiele%20Freitas.pdf>>.

GITHUB. **Sobre o GitHub e o Git.** Disponível em: <<https://docs.github.com/pt/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>>. Acesso em: 25 out. 2025.

GreenEletron. **Lixo eletrônico.** 2023. Disponível em: <<https://greeneletron.org.br/lixo-eletronico2>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

GUANGYONG; ZOU, L.; QIU, S.-f. **Parametric and nonparametric methods for confidence intervals and sample size planning for win probability in parallel-group randomized trials with likert item and likert scale data.** Pharmaceutical Statistics, 2023, v. 22, n. 3, p. 418–439. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pst.2280>>. Acesso em: 25 out. 2025.

INNOVATION, R. S. **Ecolana: a digital tool to facilitate waste collection.** 2023. Disponível em: <<https://red-social-innovation.com/en/solution/ecolana-digital-app-waste-collection-mexico/>>. Acesso em: 03 maio 2025.

Laravel. **Laravel - The PHP Framework for Web Artisans.** 2025. Acesso em: 3 maio 2025. Disponível em: <<https://laravel.com/>>.

LUCAORA, G. B. R.; SOUZA, M. A. de. **O combate da obsolescência programada no estado de santa catarina à luz da sustentabilidade.**

Saberes da Amazônia, 2021, Porto Velho, v. 6, n. 12, p. 112–136. Acesso em: 26 mar. 2025. Disponível em: <<https://www.revista.fcr.edu.br/index.php/saberesamazonia/article/view/26/18>>.

MEDEIROS, A. et al. Uma proposta de plataforma gamificada para promover descarte de lixo eletrônico em uma atividade rentável, divertida e sustentável. In: **Anais Estendidos do XIX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 102–104. ISSN 0000-0000. Acesso em: 14 abr. 2025. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi_estendido/article/view/24596>.

MOURA, M. S.; BICALHO, L. A. G. **A construção da reputação digital do consumidor por meio da gamificação: Análise da marca de moda Shop Ginger**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações Públicas) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Faculdade de Comunicação e Artes. Acesso em: 06 abr. 2025. Disponível em: <<http://bib.pucminas.br:8080/pergamumweb/vinculos/0000bd/0000bdff.pdf>>.

MySQL Documentation. **O que é MySQL?** 2025. Acesso em: 3 maio 2025. Disponível em: <<https://dev.mysql.com/doc/refman/8.4/en/what-is-mysql.html>>.

NAMECHEAP. **About Namecheap**. 2025. Acesso em: 25 out. 2025. Disponível em: <<https://www.namecheap.com/about/>>.

PONT, A.; ROBLES, A.; GIL, J. A. **e-waste: Everything an ict scientist and developer should know**. IEEE Access, 2019, v. 7, p. 169614–169635. Acesso em: 3 maio 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2955008>>.

React Native. **Documentação Oficial do React Native**. 2025. Acesso em: 03 maio 2025. Disponível em: <<https://reactnative.dev/>>.

RODRIGUES, A. C. V. Robolix: proposta de jogo educacional sobre o descarte correto de lixo eletrônico. In: **Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames) – Trilha de Educação – Artigos Curtos**. Rio Grande, RS: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 1078–1083. Acesso em: 14 abr. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/sbgames_estendido.2023.234209>.

ROSENLUND, J. et al. **Levelling up the recycling experience: Gamification of recycling through an innovative recycling station**. Circular Economy and Sustainability, 2025, Springer. Acesso em: 3 maio 2025. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s43615-025-00510-w>>.

ROSSETTO, R. F. **A importância da educação ambiental digital**. Revista Caderno Pedagógico, 2024, v. 21, n. 8, p. 1–15. Acesso em: 26 mar. 2025.

SILVA, J. C. d. **Plataforma colaborativa para democratização do acesso às informações sobre logística reversa no Brasil**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Acesso em: 06 abr. 2025. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/4731>>.

SOUZA, F. R.; ROCHA, A. **Desafios e perspectivas na abordagem multidimensional da obsolescência programada de produtos eletroeletrônicos: Um enfoque nas implicações sociais, ambientais e econômicas**. South American Development Society Journal, 2023, v. 9, n. 26, p. 243. ISSN 2446-5763. Disponível em: <<https://sadsj.org/index.php/revista/article/view/619>>. Acesso em: 25 mar. 2024.

TANAUE, A. C. B. et al. **Lixo eletrônico: Agravos a saúde e ao meio ambiente**. Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, 2015, v. 19, n. 3. Disponível em: <<https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/3193>>. Acesso em: 11 mar. 2024.

The Global E-waste Monitor. **The Global E-waste Monitor 2024**. 2024. Acesso em: 26 mar. 2025. Disponível em: <<https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>>.

VERDECCHIA, R. et al. **Green it and green software**. IEEE Software, 2021, v. 38, n. 6, p. 7–15. Acesso em: 3 maio 2025. Disponível em: <https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/146641915/Green_IT_IEEE_SW_preprint_1_.pdf>.

VIANNA, Y. e. a. **Gamification, Inc. Como reinventar empresas a partir de jogos**. 1. ed. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013. Disponível em: <<https://acervo-digital.espm.br/E-BOOKS/2020/365430.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2024.

Apêndice A — Diagrama Entidade–Relacionamento (EER) do sistema

