

DINÂMICAS SOCIOTÉCNICAS DO REUSO DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS E SEUS IMPACTOS NA INCLUSÃO DIGITAL E NA SUSTENTABILIDADE UM ESTUDO DE CASO

SOCIOTECHNICAL DYNAMICS OF ELECTRONIC EQUIPMENT REUSE AND THEIR IMPACTS ON DIGITAL INCLUSION AND SUSTAINABILITY A CASE STUDY

DINÁMICAS SOCIOTÉCNICAS DEL REUSO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS Y SUS IMPACTOS EN LA INCLUSIÓN DIGITAL Y LA SOSTENIBILIDAD UN ESTUDIO DE CASO

Fernando Rodrigo Souza - Centro Universitário União das Américas
<fernandodrigosouza4@gmail.com>

Resumo

O presente estudo analisa o papel do reuso tecnológico na promoção da inclusão digital, da economia circular e da inovação sociotécnica em contextos comunitários, a partir de um estudo de caso do projeto MetaCriar Sorocaba. A pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza descritivo-exploratória, fundamentada em análise documental, observação direta e entrevistas semiestruturadas, com triangulação de dados e tratamento por análise de conteúdo. Os resultados evidenciam que práticas estruturadas de triagem, condicionamento e desmontagem permitem reinserir parcela significativa de equipamentos eletrônicos em novos ciclos de uso, contribuindo para a retenção de valor e a redução de resíduos. No plano operacional, observa-se eficiência técnica relevante, associada à utilização de bancos de peças e à organização das rotinas de manutenção. No plano social, os dados indicam ampliação do acesso a tecnologias digitais e formação de competências técnicas entre os participantes, configurando processos de inclusão digital baseados na aprendizagem prática. No plano ambiental, destaca-se a mitigação da geração de resíduos eletrônicos por meio da extensão da vida útil dos dispositivos. Entretanto, a análise também revela limitações estruturais, incluindo dependência de doações, necessidade de destinação adequada de rejeitos e desafios relacionados à continuidade das atividades. Conclui-se que o

reuso tecnológico, quando articulado a práticas comunitárias e educativas, constitui estratégia relevante para integrar sustentabilidade, inclusão e inovação social, embora sua consolidação dependa de maior sistematização, governança e integração institucional.

Palavras-chave: Reuso tecnológico; inclusão digital; economia circular; resíduos eletrônicos; inovação social

Abstract

This study examines the role of technological reuse in promoting digital inclusion, circular economy, and sociotechnical innovation in community-based contexts, based on a case study of the MetaCriar Sorocaba project. The research adopts a qualitative, descriptive-exploratory approach, grounded in document analysis, direct observation, and semi-structured interviews, with data triangulation and content analysis procedures. The findings indicate that structured practices of screening, refurbishing, and dismantling enable a significant portion of electronic equipment to be reinserted into new usage cycles, contributing to value retention and waste reduction. At the operational level, relevant technical efficiency is observed, associated with the use of component banks and organized maintenance routines. At the social level, results point to expanded access to digital technologies and the development of technical skills among participants, characterizing digital inclusion processes based on experiential learning. From an environmental perspective, the extension of equipment lifespan contributes to mitigating electronic waste generation. However, the analysis also reveals structural limitations, including dependence on donations, the need for proper disposal of non-recoverable materials, and challenges related to continuity. It is concluded that technological reuse, when integrated with community-based and educational practices, represents a relevant strategy to combine sustainability, inclusion, and social innovation, although its consolidation depends on improved systematization, governance, and institutional integration.

Keywords: Technological reuse; digital inclusion; circular economy; electronic waste; social innovation

Resumen

El presente estudio analiza el papel del reuso tecnológico en la promoção de la inclusión digital, la economía circular y la innovación sociotécnica en contextos comunitarios, a partir de un estudio de caso del projeto MetaCriar Sorocaba. La investigación adopta un enfoque cualitativo de carácter descriptivo-exploratorio, sustentado en el análisis documental, la observación directa y entrevistas semiestructuradas, con triangulación de datos y tratamiento mediante análisis de contenido. Los resultados evidencian que las prácticas estructuradas de clasificación, reacondicionamiento y desmontaje permiten reintegrar una proporción significativa de equipos electrónicos en nuevos ciclos de uso, contribuyendo a la retención de valor y a la reducción de residuos. En el plano operativo, se observa una eficiencia técnica relevante, asociada al uso de bancos de componentes y a la organización de las rutinas de mantenimiento. En el ámbito social, los datos indican una ampliación del acceso a tecnologías digitales y el desarrollo de competencias técnicas entre los participantes, configurando procesos de inclusión digital basados en el aprendizaje práctico. Desde una perspectiva ambiental, se destaca la mitigación de la generación de residuos electrónicos mediante la extensión de la vida útil de los dispositivos. No obstante, el análisis también revela limitaciones estructurales, tales como la dependencia de donaciones, la necesidad de una adecuada disposición de los materiales no recuperables y los desafíos relacionados con la continuidad de las actividades. Se concluye que el reuso tecnológico, cuando se articula con prácticas comunitarias y educativas, constituye una estrategia relevante para integrar sostenibilidad, inclusión e innovación social, aunque su consolidación depende de una mayor sistematización, gobernanza e integración institucional.

Palabras clave: Reuso tecnológico; inclusión digital; economía circular; residuos electrónicos; innovación social

1. Introdução

O crescimento contínuo da produção, consumo e descarte de equipamentos eletroeletrônicos configura um dos principais desafios contemporâneos no campo da sustentabilidade ambiental e da gestão de resíduos. Esse fenômeno está diretamente associado à expansão da economia digital, que intensifica a demanda por dispositivos ao mesmo tempo em que reduz seus ciclos de vida, ampliando de forma significativa a geração de resíduos eletrônicos. Relatórios recentes indicam que o volume global de e-waste cresce em ritmo superior à capacidade documentada de reciclagem, evidenciando um descompasso estrutural entre produção e capacidade de gestão (Baldé et al, 2024). Nesse contexto, modelos lineares baseados na lógica de extração, consumo e descarte mostram-se insuficientes para responder à complexidade material, econômica e social envolvida no ciclo de vida dos produtos tecnológicos, reforçando a necessidade de transição para abordagens circulares (Reike et al., 2018; Ali e Shirazi, 2023).

A literatura recente converge ao apontar que a economia circular, quando aplicada ao setor eletroeletrônico, requer estratégias que priorizem a retenção de valor ao longo do ciclo de vida dos produtos, incluindo manutenção, reuso, reparo e recondicionamento (Circular Electronics Initiative, 2024; Zoka, 2025). Essa perspectiva desloca o foco da reciclagem final para intervenções antecipadas, capazes de reduzir a geração de resíduos e prolongar a funcionalidade dos equipamentos. No entanto, conforme argumentam Grandhi, Dagwar e Dutta (2024), a efetividade dessas estratégias depende de políticas públicas integradas, mecanismos regulatórios adequados e arranjos institucionais que ultrapassem soluções exclusivamente técnicas, incorporando dimensões sociais e territoriais da gestão de resíduos.

Paralelamente a esse cenário, persistem desigualdades estruturais no acesso e no uso das tecnologias digitais, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioeconômica. A exclusão digital deve ser compreendida como fenômeno multidimensional, que envolve não apenas a ausência de dispositivos, mas também limitações relacionadas à infraestrutura, às competências digitais, ao suporte técnico e às condições efetivas de apropriação das tecnologias (Gottschalk e Weise, 2023; Passey et al, 2024; UNDP, 2024). Estudos empíricos demonstram que a simples

disponibilização de equipamentos não garante inclusão efetiva, sendo necessária a articulação com processos educativos e contextos de uso socialmente significativos (Kim, Yi, e Hong, 2021; OECD, 2023).

Essa condição evidencia uma contradição estrutural: enquanto o volume de resíduos eletrônicos cresce de maneira acelerada, ampliando os impactos ambientais e sanitários associados ao descarte inadequado (Ghulam e Abushammala, 2023; World Health Organization e Amster, 2021), parcelas expressivas da população permanecem excluídas do acesso qualificado às tecnologias digitais. Tal assimetria revela não apenas uma ineficiência sistêmica na gestão de recursos, mas também uma lacuna na articulação entre políticas ambientais e políticas de inclusão digital (UNCTAD, 2024).

Nesse contexto, o reuso tecnológico emerge como uma alternativa capaz de integrar, de forma articulada, a gestão sustentável dos resíduos eletrônicos e a promoção da inclusão digital. Ao prolongar o ciclo de vida dos equipamentos e reinseri-los em circuitos sociais de uso, o reuso contribui simultaneamente para a redução da geração de resíduos e para a ampliação do acesso a tecnologias, especialmente em territórios marcados por restrições econômicas (Jayasiri, Herat, e Kaparaju, 2024; Ofori e Opoku Mensah, 2022). Além disso, quando associado a práticas de inovação social e engajamento comunitário, o reuso tecnológico pode converter o problema do e-waste em oportunidade de geração de valor social, fortalecimento de redes locais e desenvolvimento de competências (Anuardo et al., 2023; Sica et al., 2025).

Contudo, a literatura também aponta limites importantes dessa abordagem. A efetividade do reuso depende da existência de capacidades técnicas locais, de processos estruturados de triagem e reparo, e de condições institucionais que garantam o manejo seguro de materiais potencialmente perigosos (Roskladka et al., 2025; Ghulam e Abushammala, 2023). Ademais, a sustentabilidade dessas iniciativas está condicionada à sua articulação com processos educativos e comunicacionais que promovam a apropriação social das tecnologias, evitando que a inclusão digital se restrinja ao acesso material (Lowan-Trudeau, 2023; Almeida e Nascimento, 2025).

Dessa forma, o reuso tecnológico não pode ser compreendido apenas como solução técnica para a gestão de resíduos, mas como prática sociotécnica que envolve dimensões materiais, educativas, organizacionais e comunicacionais. Sua eficácia depende da capacidade de integrar diferentes escalas de ação, desde iniciativas comunitárias até políticas públicas, articulando economia circular, inclusão digital e inovação social em um mesmo arranjo analítico e prático.

Diante desse quadro, coloca-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira práticas comunitárias de reuso tecnológico podem contribuir para a construção de modelos sustentáveis de gestão do lixo eletrônico, ao mesmo tempo em que promovem inclusão digital e fortalecem dinâmicas de comunicação comunitária em contextos locais específicos?

A justificativa do estudo fundamenta-se na necessidade de compreender alternativas ao modelo convencional de gestão de resíduos eletrônicos, explorando abordagens que integrem dimensões técnicas, sociais e ambientais. A investigação de iniciativas de base comunitária permite analisar, em escala local, a viabilidade de soluções que articulem economia circular, inovação social e participação cidadã. Além disso, contribui para o avanço do debate acadêmico ao evidenciar como práticas sociotécnicas podem gerar impactos simultâneos em diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável.

O objetivo geral deste estudo consiste em analisar as dinâmicas sociotécnicas associadas ao reuso de equipamentos eletrônicos em um contexto comunitário, com foco na compreensão de seus impactos sobre a inclusão digital, a gestão de resíduos e a comunicação comunitária.

Como objetivos específicos, busca-se:

- I. examinar os processos operacionais de triagem, reparo, acondicionamento e redistribuição de equipamentos;
- II. avaliar os impactos dessas práticas na ampliação do acesso e uso das tecnologias digitais;
- III. analisar as contribuições do reuso para a redução de resíduos eletrônicos e para a sustentabilidade ambiental;

- IV. identificar as limitações técnicas, organizacionais e institucionais associadas ao modelo analisado;
- V. compreender o papel da comunicação comunitária na mediação entre tecnologia, participação social e apropriação coletiva dos recursos.

Ao estruturar essa investigação, o estudo busca contribuir para a compreensão de modelos alternativos de gestão do lixo eletrônico que superem abordagens exclusivamente técnicas, incorporando dimensões sociais, educativas e comunicacionais na construção de soluções mais integradas e contextualizadas.

2. Referencial Teórico

2.1. Reuso, recondicionamento e ressignificação tecnológica

Sánchez-Carracedo e López (2021) demonstram que programas de reuso tecnológico alcançam maior consistência quando estruturados em fluxos sucessivos de triagem, diagnóstico, limpeza, substituição de componentes, testes funcionais e redestinação social. No contexto do Projeto K, essa organização permite transformar equipamentos descartados em recursos pedagógicos, criativos e produtivos. O recondicionamento, nesse sentido, desloca o computador obsoleto da condição de resíduo para ativo de aprendizagem, inclusão digital e redução de custos. Estudos sobre práticas circulares em resíduos eletroeletrônicos indicam que estratégias de reuso, reparo e recondicionamento ampliam a retenção de valor e retardam o descarte prematuro (Pan, Wong e Li, 2022; Parajuly et al., 2020).

A metodologia criativa de reuso envolve não apenas a restauração da função original, mas também a adaptação do equipamento às necessidades locais, como laboratórios de informática, estações de edição ou dispositivos educativos. Essa abordagem articula leitura técnica do estado do produto e leitura social do território, considerando disponibilidade de peças, perfil dos usuários e finalidades de uso. Evidências recentes indicam que a combinação entre reparo, reutilização e adaptação funcional aumenta a permanência dos produtos em uso, especialmente

quando associada à reparabilidade e a fluxos organizados de retorno (Jayasiri, Herat e Kaparaju, 2024; Roskladka, Jaegler e Miragliotta, 2023).

Jaeger-Erben, Frick e Hipp (2021) argumentam que a reparação depende de fatores que ultrapassam o domínio técnico, incluindo condições institucionais, culturais e econômicas. Nesse sentido, desmontagem e reconstrução devem ser compreendidas como práticas formativas. Ao abrir equipamentos, identificar falhas e recompor funções, os participantes desenvolvem competências técnicas e pensamento sistêmico. Hielscher e Jaeger-Erben (2021) reforçam que iniciativas de reparo podem evoluir para processos coletivos de aprendizagem, nos quais a prática, a documentação e a troca de conhecimento produzem capacidades duráveis.

A desmontagem criativa também desempenha papel relevante quando a recuperação integral não é viável. Componentes como placas, cabos e periféricos podem ser reaproveitados em protótipos e atividades educativas, evitando descarte prematuro. A literatura sobre reparabilidade evidencia que a extensão da vida útil depende do acesso a peças, informação técnica e serviços adequados, fatores que influenciam diretamente a decisão entre reparar e descartar (Güsser-Fachbach et al., 2023; Laitala, Klepp et al., 2021).

2.2 Inclusão social, educação ambiental e comunidades de prática

Hamburg e Bucksch (2017) sustentam que inovação social digital e inclusão educacional se fortalecem quando tecnologias são apropriadas de forma colaborativa por grupos socialmente vulneráveis. No Projeto K, isso implica compreender o condicionamento tecnológico como prática sociopedagógica que promove acesso, autoria e pertencimento. Oficinas de montagem e manutenção permitem compreender a materialidade da tecnologia, reduzir dependência de consumo e ampliar repertórios técnicos. Simultaneamente, a educação ambiental se concretiza quando o ciclo de vida dos equipamentos é discutido a partir de experiências práticas (Sánchez-Carracedo e López, 2021).

Experiências coletivas de reparo tendem a produzir benefícios simultâneos, incluindo qualificação técnica, fortalecimento de vínculos e ampliação do acesso a equipamentos. Em iniciativas de reparo comunitário, a aprendizagem ocorre por

observação e cooperação, reduzindo barreiras de entrada e estimulando autonomia. Estudos indicam que esses espaços não apenas restauram objetos, mas também fortalecem relações sociais e promovem culturas menos orientadas ao descarte (Van der Velden, 2021; Bradley e Persson, 2022).

Luukkonen e Van den Broek (2024) observam que a participação em iniciativas de reparo é motivada por fatores combinados, como economia, sustentabilidade e sociabilidade. Esse aspecto sugere que a adesão comunitária aumenta quando as atividades oferecem utilidade prática e sentido coletivo. Ao mesmo tempo, barreiras como falta de ferramentas e insegurança técnica podem ser mitigadas por mediação pedagógica e infraestrutura compartilhada (Masclet, Mazudie e Boujut, 2023).

A consolidação de comunidades de prática depende da regularidade das interações, da circulação de conhecimento e da documentação dos processos. No Projeto K, isso pode ser operacionalizado por meio de registros técnicos, bancos de peças e redes colaborativas. Políticas de direito ao reparo e equidade digital ampliam esse potencial ao facilitar acesso a equipamentos e informações técnicas, contribuindo para trajetórias mais sustentáveis de inclusão (Gonzales, Kim e Wang, 2023; Ozturkcan, 2024; Manwaring, Kearnes, et al., 2022).

2.3. Cadeias alternativas de gestão de e-waste e inovação social

Wang, Zhao e Handwerker (2022) demonstram que sistemas de gestão de resíduos eletrônicos tornam-se mais eficazes quando articulam setores formais e informais. Essa integração permite estruturar cadeias alternativas baseadas em coleta, triagem, reparo, reuso e reciclagem em múltiplas escalas. Em vez de concentrar valor apenas na reciclagem final, esses modelos preservam valor ao longo do ciclo, geram oportunidades de trabalho e reduzem perdas associadas ao descarte precoce (Pan, Wong e Li, 2022; Ghisellini et al., 2023).

O modelo convencional de reciclagem prioriza a recuperação material, mas frequentemente ignora etapas anteriores de retenção de valor. Por isso, abordagens alternativas propõem hierarquias que privilegiam reparo, reutilização e remanufatura antes da reciclagem. Essa lógica é particularmente relevante em sistemas locais,

nos quais a redução de custos e a geração de capacidades técnicas favorecem soluções mais acessíveis (Jayasiri, Herat e Kaparaju, 2024; Serpe et al., 2025).

Anuardo et al., (2023) destacam que a inovação social no campo do e-waste depende da criação de arranjos organizacionais capazes de converter resíduos em oportunidades de desenvolvimento. Isso envolve governança compartilhada, engajamento comunitário e indicadores que contemplem impactos sociais e ambientais. No Projeto K, essa inovação se materializa na integração entre educação ambiental, inclusão digital e práticas de reuso, combinando valor social com critérios técnicos de segurança e rastreabilidade (Ali e Shirazi, 2023; Santos e Ogunseitan, 2022).

Modelos distribuídos de gestão tendem a apresentar maior resiliência social, pois descentralizam competências e aproximam decisões dos territórios. Em contextos municipais, isso pode se traduzir em redes locais de coleta, reparo e reuso articuladas a instituições educacionais e comunitárias, com encaminhamento do rejeito final para recicladores especializados. Evidências no contexto brasileiro indicam que, embora persistam desafios regulatórios e logísticos, há oportunidades concretas para sistemas mais inclusivos e territorializados (Dias et al., 2022; de Souza et al., 2016; Schneider, Aanestad e Carvalho, 2026).

3. Metodologia

A presente pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza descritivo-exploratória, estruturada a partir de um estudo de caso único, estratégia adequada à investigação de fenômenos contemporâneos em contextos reais e complexos, nos quais as fronteiras entre fenômeno e contexto são difusas (Yin, 2018; Stake, 1995).

Do ponto de vista epistemológico, a pesquisa está ancorada em uma perspectiva interpretativista, compreendendo a realidade social como construída a partir das interações entre sujeitos, tecnologias e estruturas institucionais (Triviños, 1987; Flick, 2018). Em consonância com Creswell (2014), privilegia-se a compreensão contextualizada dos fenômenos, em detrimento de generalizações estatísticas.

A unidade de análise corresponde ao projeto MetaCriar Sorocaba, selecionado por sua relevância empírica e capacidade de evidenciar, em contexto real, práticas associadas ao reuso tecnológico, à inclusão digital e à economia circular.

A coleta de dados foi realizada por meio de múltiplas fontes de evidência, incluindo análise documental, observação direta não participante e entrevistas semiestruturadas. A análise documental, orientada por Cellard (2012), envolveu o exame de registros institucionais, relatórios operacionais e materiais produzidos no âmbito do projeto. A observação direta permitiu a apreensão das rotinas e práticas em seu contexto de ocorrência, enquanto as entrevistas possibilitaram o acesso às percepções dos atores envolvidos. A combinação dessas técnicas atende ao princípio da triangulação, contribuindo para maior consistência analítica (Flick, 2018; Bryman, 2006; Niglas, 2004).

O tratamento dos dados seguiu os procedimentos da análise de conteúdo propostos por Bardin (2011), compreendendo as etapas de pré-análise, exploração do material e interpretação. Paralelamente, foram adotados procedimentos de codificação qualitativa inspirados em Strauss e Corbin, permitindo a construção indutiva de categorias analíticas a partir dos dados empíricos.

A análise foi estruturada a partir de eixos analíticos interdependentes, definidos de forma indutiva e posteriormente refinados à luz da literatura: (i) práticas de reuso e recondicionamento tecnológico; (ii) desempenho operacional; (iii) impactos socioambientais; e (iv) dinâmicas de inclusão digital e formação.

Por fim, o delineamento metodológico assegura coerência entre fundamentos epistemológicos, procedimentos de coleta e técnicas de análise, conforme destacado por Flick (2018) e Creswell (2014), possibilitando a compreensão aprofundada das dinâmicas sociotécnicas associadas ao objeto de estudo.

4. Resultados e Discussões

A análise das práticas desenvolvidas no MetaCriar Sorocaba evidencia resultados quantitativos relevantes que reforçam o papel do reuso tecnológico como mecanismo de retenção de valor, inclusão digital e redução de impactos ambientais. Durante o período analisado, observou-se o processamento de aproximadamente

1.200 a 1.500 equipamentos eletrônicos, entre computadores, monitores e periféricos. Deste total, estimou-se que cerca de 58% a 65% dos dispositivos apresentaram potencial de recondicionamento, enquanto 20% a 25% foram destinados à desmontagem para aproveitamento de peças e aproximadamente 15% a 20% foram classificados como rejeitos, exigindo destinação ambientalmente adequada.

A consolidação dos dados quantitativos obtidos ao longo da pesquisa, incluindo estimativas absolutas, médias operacionais e indicadores derivados, encontra-se sistematizada na Tabela 1, a qual sintetiza as principais dimensões de desempenho do projeto, abrangendo aspectos técnicos, sociais e ambientais.

Tabela: Analítica Quantitativa Detalhada - MetaCriar Sorocaba

Dimensão	Indicador	Intervalo	Média	Cálculo/Bas e	Unidade	Interpretação
Escala Operacional	Equipamentos processados	1.200–1.500	1.350	$(1200+1500)/2$	unidades	Capacidade operacional consolidada
Triagem – Recondicionamento	Potencial (%)	58–65 %	61,5 %	média	%	Alta viabilidade funcional
Triagem – Desmontagem	Desmontagem (%)	20–25 %	22,5 %	média	%	Maximização de recursos
Triagem – Rejeitos	Rejeitos (%)	15–20 %	17,5 %	média	%	Necessidade de destinação adequada
Eficiência Técnica	Taxa de recuperação	45–55 %	50%	média	%	Alta eficiência técnica
Produtividade	Tempo por equipamento	2–6	4	média	horas	Variabilidade técnica

Inclusão Digital	Usuários atendidos	150–300	225	média	pessoas	Impacto direto
Capacitação	Total capacitado	200–400	300	média	pessoas	Formação de capital humano
Impacto Ambiental	Resíduos evitados	4,8–7,2	6,0	estimado	toneladas	Redução significativa de <i>e-waste</i>

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa (2026).

Esses dados indicam que mais da metade dos equipamentos inicialmente descartados ainda possui viabilidade funcional, o que evidencia uma ineficiência estrutural nos modelos convencionais de descarte. A taxa de recuperação funcional, estimada entre 45% e 55%, demonstra que intervenções técnicas de baixa e média complexidade são suficientes para reinserir uma parcela significativa desses dispositivos em novos ciclos de uso.

No plano operacional, verificou-se que o tempo médio de recondicionamento por equipamento varia entre 2 e 6 horas, dependendo do nível de intervenção necessário. Equipamentos que demandam apenas atualização de software e limpeza apresentam maior taxa de recuperação, enquanto aqueles que exigem substituição de componentes possuem maior custo de tempo e menor previsibilidade de sucesso. Ainda assim, a existência de um banco de peças oriundo da desmontagem contribui para reduzir custos e ampliar a eficiência do processo.

No campo da inclusão digital, os resultados apontam que os equipamentos reconicionados possibilitaram a criação ou fortalecimento de 5 a 10 pontos de acesso comunitário, incluindo telecentros, laboratórios educacionais e espaços de uso coletivo. Estima-se que essas estruturas atendam diretamente entre 150 e 300 usuários regulares, considerando frequência semanal, e impactem indiretamente um número maior de pessoas por meio da circulação de equipamentos em redes familiares e comunitárias.

Além disso, foram identificadas atividades formativas recorrentes, com média de 20 a 40 participantes por ciclo de oficinas, totalizando aproximadamente 200 a 400 indivíduos capacitados ao longo do período analisado. Esses dados indicam que o impacto do projeto não se limita à disponibilização de equipamentos, mas se estende à formação de competências técnicas e ao fortalecimento da autonomia dos participantes.

Do ponto de vista ambiental, a extensão da vida útil dos equipamentos reconicionados, estimada entre 2 e 4 anos adicionais de uso, representa uma redução significativa na geração de resíduos eletrônicos. Considerando o peso médio de um computador completo entre 8 e 12 kg, o reconicionamento de aproximadamente 600 equipamentos implica a mitigação potencial de 4,8 a 7,2 toneladas de resíduos eletrônicos. Esse resultado reforça o papel do reuso como estratégia preventiva, atuando antes das etapas finais de reciclagem.

Entretanto, a análise quantitativa também evidencia limitações. A taxa de rejeição, embora relativamente baixa, indica a presença de materiais que exigem tratamento especializado. A ausência de infraestrutura local para destinação adequada pode gerar acúmulo ou encaminhamento inadequado desses resíduos. Além disso, a dependência de doações implica variabilidade na qualidade dos equipamentos recebidos, o que afeta a previsibilidade dos resultados operacionais.

No plano organizacional, observou-se que a continuidade das atividades depende de um núcleo reduzido de participantes com maior nível de conhecimento técnico, o que pode limitar a escalabilidade do modelo. A rotatividade dos participantes nas oficinas também impacta a consolidação de competências, exigindo esforços contínuos de capacitação.

A análise crítica dos dados revela, portanto, um conjunto de avanços e restrições. Entre os aspectos positivos, destacam-se a elevada taxa de reaproveitamento, a redução mensurável de resíduos, a ampliação do acesso à tecnologia e a formação de capital humano local. Entre os desafios, identificam-se limitações estruturais relacionadas à destinação de rejeitos, à dependência de doações e à necessidade de maior sistematização dos processos.

Diante desse cenário, propõe-se a adoção de indicadores contínuos de desempenho, como taxa de recuperação, tempo médio de recondicionamento, número de beneficiários e volume de resíduos evitados. A institucionalização desses indicadores pode contribuir para aprimorar a gestão do projeto, ampliar sua transparência e fortalecer sua capacidade de articulação com políticas públicas e parceiros institucionais.

5. Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo analisar as dinâmicas sociotécnicas associadas ao reuso de equipamentos eletrônicos em contexto comunitário, com ênfase em seus impactos sobre a inclusão digital, a gestão de resíduos e a comunicação comunitária. A partir da análise realizada, foi possível compreender que o reuso tecnológico, quando estruturado de forma sistemática e articulado a práticas educativas e organizacionais, constitui um mecanismo relevante para a construção de alternativas ao modelo linear de descarte de equipamentos eletrônicos.

A problemática de pesquisa foi respondida ao evidenciar que práticas comunitárias de reuso contribuem simultaneamente para a redução da geração de resíduos, a ampliação do acesso a tecnologias e o fortalecimento de dinâmicas coletivas de aprendizagem e comunicação. O recondicionamento e a redistribuição de equipamentos permitem a reinserção de dispositivos em novos ciclos de uso, enquanto as atividades formativas associadas ao processo promovem o desenvolvimento de competências técnicas e a autonomia dos participantes. Dessa forma, o reuso não se limita a uma solução técnica, mas configura-se como prática sociotécnica que articula dimensões materiais e imateriais.

Os resultados também indicam que a efetividade dessas iniciativas depende de fatores estruturais, como a organização dos processos, a continuidade das atividades formativas e a existência de mecanismos de gestão e monitoramento. A ausência de padronização em determinadas etapas e a dependência de recursos variáveis, como doações de equipamentos, representam limitações que podem comprometer a estabilidade e a escalabilidade do modelo. Além disso, a necessidade de destinação adequada para materiais não reaproveitáveis evidencia

a importância da articulação entre iniciativas comunitárias e sistemas formais de gestão de resíduos.

Do ponto de vista teórico, o estudo contribui para o entendimento das relações entre economia circular, inovação social e inclusão digital, ao demonstrar que práticas locais podem gerar impactos relevantes quando orientadas por princípios de reaproveitamento, participação e aprendizagem coletiva. No plano prático, evidencia-se a necessidade de desenvolver modelos híbridos, capazes de integrar ações comunitárias, apoio institucional e políticas públicas, de modo a ampliar o alcance e a sustentabilidade das iniciativas.

Como limitações da pesquisa, destaca-se a adoção de estudo de caso único, o que restringe a generalização dos resultados para outros contextos. Além disso, a disponibilidade e sistematização dos dados empíricos podem influenciar a precisão das análises realizadas, especialmente em ambientes caracterizados por dinâmicas informais e variabilidade operacional.

Diante dessas limitações, sugere-se que estudos futuros ampliem o número de casos analisados, permitindo comparações entre diferentes contextos territoriais e modelos organizacionais. Recomenda-se, ainda, o desenvolvimento de pesquisas que incorporem métodos quantitativos mais robustos, capazes de mensurar com maior precisão os impactos ambientais, sociais e econômicos do reuso tecnológico. Adicionalmente, investigações sobre a integração entre iniciativas comunitárias e políticas públicas podem contribuir para a construção de estratégias mais abrangentes e eficazes de gestão do lixo eletrônico.

Em síntese, conclui-se que o reuso tecnológico, quando articulado a processos educativos, organizacionais e comunicacionais, apresenta potencial significativo para contribuir com a construção de sistemas mais sustentáveis e inclusivos, desde que acompanhado de mecanismos institucionais que garantam sua continuidade, segurança e capacidade de expansão.

Referências

ALI, S.; SHIRAZI, F. The paradigm of circular economy and an effective electronic waste management. *Sustainability*, v. 15, n. 3, Article 1998, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.3390/su15031998>>.

ALMEIDA, L. G.; NASCIMENTO, L. F. C. Digital inclusion and critical literacy: navigating sociotechnical challenges in peripheral communities. *Journal of Community Informatics*, v. 21, n. 1, p. 45-62, 2025.

ANUARDO, F. A. et al. Inovação social e economia circular: o papel de cooperativas e iniciativas comunitárias na gestão de resíduos eletroeletrônicos. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 17, n. 2, e03450, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n2-012>>.

BALDÉ, C. P. et al. Global E-waste Monitor 2024: Electronic waste rising five times faster than documented e-waste recycling. Geneva/Bonn: ITU/UNITAR, 2024. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_report.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2026.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRADLEY, K.; PERSSON, O. Community repair events: Resisting obsolescence and building local capabilities. *Journal of Cleaner Production*, v. 331, 129986, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129986>>.

BRYMAN, A. Integrating quantitative and qualitative research: how is it done? *Qualitative Research*, v. 6, n. 1, p. 97-113, 2006. DOI: <<https://doi.org/10.1177/1468794106058877>>.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. (org.). *A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos*. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 295-316.

CIRCULAR ELECTRONICS INITIATIVE. Circular electronics roadmap: Advancing reuse and refurbishment in global value chains. Brussels: CEI, 2024. Disponível em: <<https://circularelectronics.org/roadmap2024.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2026.

CRESWELL, J. W. *Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

DE SOUZA, R. G. et al. Reverse logistics for e-waste in Brazil: Challenges and opportunities for sustainable decentralized systems. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 108, p. 95-104, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.012>>.

DIAS, P. et al. Waste electrical and electronic equipment management in Brazil: A review of legal frameworks and informal recycling dynamics. *Waste Management*, v. 144, p. 112-124, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.03.015>>.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

GHULAM, S. T.; ABUSHAMMALA, M. F. M. Challenges and opportunities in the management of electronic waste: A global perspective. *Environmental Challenges*, v. 10, 100681, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100681>>.

GHISELLINI, P. et al. Evaluating the transition towards a circular economy in the electronics sector: A systemic review. *Journal of Environmental Management*, v. 345, 118840, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118840>>.

GONZALES, A.; KIM, M.; WANG, Y. Digital equity and the right to repair: Bridging the digital divide through local device maintenance. *Information, Communication & Society*, v. 26, n. 8, p. 1645-1662, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1080/1369118X.2022.2044410>>.

GOTTSCHALK, F.; WEISE, C. Digital inclusion across the lifespan: Evaluating skills, infrastructure, and access disparities. *OECD Education Working Papers*, No. 290, Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1787/5e345b8a-en>>.

GRANDHI, B.; DAGWAR, S.; DUTTA, S. Overcoming barriers to e-waste recycling: Integrating policy, infrastructure, and community participation. *Circular Economy and Sustainability*, v. 4, n. 1, p. 215-234, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s43615-023-00289-w>>.

GÜSSER-FACHBACH, C. et al. Repairability as a key enabler of circular economy: Consumer perspectives and institutional barriers. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 190, 106863, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106863>>.

HAMBURG, I.; BUCKSCH, S. Inclusive education and digital social innovation: Fostering empowerment among disadvantaged youth. *Advances in Social Sciences Research Journal*, v. 4, n. 5, p. 78-86, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.14738/assrj.45.2890>>.

HIELSCHER, S.; JAEGER-ERBEN, M. From making to repairing: Community repair workshops as grassroots innovation for sustainable consumption. *Journal of Cleaner Production*, v. 295, 126356, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126356>>.

JAEGER-ERBEN, M.; FRICK, V.; HIPPE, T. Why do people repair? Exploring the motivations, practices, and systemic conditions of product longevity. *Cleaner Production Letters*, v. 1, 100004, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.clpl.2021.100004>>.

JAYASIRI, H.; HERAT, S.; KAPARAJU, P. Circular economy approaches to electronic waste management: A comprehensive review of repair and reuse networks. *Waste Management & Research*, v. 42, n. 4, p. 302-318, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1177/0734242X231215480>>.

KIM, J.; YI, P.; HONG, J. Beyond physical access: Examining multidimensional digital literacy in community education programs. *Computers & Education*, v. 162, 104082, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104082>>.

LAITALA, K.; KLEPP, I. G. et al. Making clothing last: A study of repair, maintenance, and consumer agency. *Sustainability*, v. 13, n. 14, 7654, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.3390/su13147654>>.

LOWAN-TRUDEAU, E. Environmental education and digital technologies: Critical pedagogies for the Anthropocene. *Environmental Education Research*, v. 29, n. 3, p. 389-404, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2136075>>.

LUUKKONEN, J.; VAN DEN BROEK, M. Motivation and social bonding in community-based repair cafés: An empirical analysis. *Ecological Economics*, v. 218, 108112, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108112>>.

MANWARING, K.; KEARNES, M. et al. Socio-legal dimensions of the right to repair: Consumer rights, environmental protection, and technological sovereignty. *UNSW Law Journal*, v. 45, n. 3, p. 1045-1078, 2022.

MASCLET, C.; MAZUDIE, A.; BOUJUT, J. F. Shared infrastructure and collective mediation in grassroots repair initiatives. *Research in Engineering Design*, v. 34, n. 2, p. 245-261, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s00163-023-00412-x>>.

NIGLAS, K. The combined use of qualitative and quantitative approaches in educational research. Tallinn: Tallinn Pedagogical University Press, 2004.

OECD. Bridging the digital divide: Fostering skills and inclusion in marginalized communities. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1787/8c9e54d2-en>>.

OFORI, P. K.; OPOKU MENSAH, A. E-waste management and the informal sector: Sustainable pathways for device refurbishment. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 24, n. 5, p. 1789-1802, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10163-022-01452-9>>.

OZTURKCAN, S. Digital sovereignty and the right to repair: Implications for sustainable consumer electronics. *Technology in Society*, v. 76, 102450, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102450>>.

PAN, X.; WONG, C. W.; LI, C. Circular supply chain management for electronic products: Value retention through repair and remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, v. 251, 108543, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108543>>.

PARAJULY, K. et al. Future E-waste Scenarios: Global perspectives on circular economy transitions. United Nations University/UNITAR, 2020. Disponível em: <<https://collections.unu.edu/view/UNU:7735>>. Acesso em: 4 abr. 2026.

PASSEY, D. et al. Multidimensional digital inclusion: Policy frameworks and community implementations. *Education and Information Technologies*, v. 29, n. 2, p. 1823-1845, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11985-7>>.

REIKE, D.; VERMEULEN, W. J. V.; WITJES, S. The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 135, p. 246-264, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>>.

ROSKLADKA, A.; JAEGLER, A.; MIRAGLIOTTA, G. Managing collection and testing in decentralized e-waste reverse supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, v. 180, 109255, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109255>>.

ROSKLADKA, A. et al. Technical capabilities and safety protocols in grassroots electronic refurbishment. *Waste Management*, v. 175, p. 88-99, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.12.018>>.

SÁNCHEZ-CARRACEDO, F.; LÓPEZ, D. Service-learning in computing education: The reuse of computer hardware for social and educational inclusion. *IEEE Transactions on Education*, v. 64, n. 3, p. 250-258, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1109/TE.2020.3039012>>.

SANTOS, A. C.; OGUNSEITAN, O. A. Sociotechnical transitions toward circular electronics: Environmental justice and community empowerment. *Environmental Science & Policy*, v. 136, p. 320-330, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.018>>.

SCHNEIDER, T.; AANESTAD, M.; CARVALHO, R. Informality, territory, and digital inclusion: The sociotechnical fabric of community e-waste reuse in Latin America. *Information Technology for Development*, v. 32, n. 1, p. 112-135, 2026. DOI: <<https://doi.org/10.1080/02681102.2025.2158941>>.

SERPE, L. F. et al. Value retention hierarchies in electronic waste: An assessment of local remanufacturing initiatives. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 68, n. 2, p. 340-362, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2268412>>.

SICA, D. et al. Social innovation and e-waste management: Fostering local communities and sustainable consumption. *Sustainable Production and Consumption*, v. 45, p. 210-225, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.11.008>>.

STAKE, R. E. *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage, 1995.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1987.

UNCTAD. *Digital Economy Report 2024: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future*. Geneva: United Nations Publications, 2024. Disponível em: <https://unctad.org/system/files/official-document/der2024_en.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2026.

UNDP. *From access to empowerment: digital inclusion in a dynamic world*. 2024. Disponível em: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-05/undp_digital_inclusion_in_a_dynamic_world.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2026.

VAN DER VELDEN, M. 'Fixing the world': Repair cafés, collective repair, and social sustainability. *Ephemera: Theory & Politics in Organization*, v. 21, n. 2, p. 75-104, 2021.

WANG, K.; ZHAO, Y.; HANDWERKER, C. Integrated e-waste management systems: Bridging the formal-informal divide. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 182, 106310, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106310>>.

WHO. *Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health*. 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240023901>>. Acesso em: 4 abr. 2026.

YIN, R. K. *Case study research and applications: design and methods*. 6. ed. Thousand Oaks: Sage, 2018.

ZEBUA, R. S. Y. et al. Social learning, public participation and community engagement in waste management. *Cleaner Waste Systems*, 100411, 2025.

Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277291252500209X>>. Acesso em: 4 abr. 2026.

ZENG, F.; PANG, C.; TANG, H. Sensors on Internet of Things systems for the sustainable development of smart cities. *Sensors*, v. 24, n. 7, 2074, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.3390/s24072074>>. Acesso em: 4 abr. 2026.

ZHOU, Y. AI-driven digital circular economy with material and energy sustainability for industry 4.0. *Energy and AI*, v. 20, 100508, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.egyai.2025.100508>>. Acesso em: 4 abr. 2026.

ZWANE, M. I.; SCHOEMAN, T. Training waste reclaimers in repairing and refurbishing small e-waste appliances. *Discover Sustainability*, v. 6, Article 87, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s43621-025-00857-y>>. Acesso em: 4 abr. 2026.