O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VI | Volume 17 | Nº 50 | Boa Vista | 2024

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.10811359

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

UM MODELO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE REMANUFATURA DE IMPRESSORAS

Glauco Oliveira Rodrigues[1]

Eugênio de Oliveira Simonetto[2]

Soraya de Souza Soares[3]

Sara Schafer Segatto[4]

Andrea Oliveira da Silveira[5]

Resumo

A crescente preocupação com a sustentabilidade e a gestão eficiente de recursos tem impulsionado estudos sobre a economia circular e a remanufatura de dispositivos eletrônicos, como impressoras, em instituições de ensino superior. A remanufatura é vista como uma estratégia promissora para reduzir o lixo eletrônico e os custos associados à aquisição e manutenção de equipamentos. Este estudo visa analisar os impactos econômicos e ambientais da remanufatura de impressoras em uma instituição de ensino superior, utilizando a modelagem computacional como ferramenta de análise. A pesquisa adotou a metodologia de Dinâmica de Sistemas, seguindo quatro etapas principais: especificação do problema, construção de modelos formais, implementação computacional e verificação da solução. A modelagem computacional foi realizada com o software Vensim, permitindo a simulação de diferentes cenários de remanufatura de impressoras e a avaliação de seus impactos econômicos e ambientais. O modelo foi dividido em três submodelos: quantidade de impressoras, quantidade de toners e recargas, e impactos econômicos e ambientais. O estudo identificou que a remanufatura de impressoras pode resultar em uma redução significativa dos custos e do volume de resíduos eletrônicos gerados. Especificamente, foi observada uma redução de custos de cerca de 37% e uma diminuição de 2,5 vezes no volume de lixo eletrônico, quando comparado ao cenário sem remanufatura. Além disso, o cenário que envolveu a substituição de impressoras por modelos alugados apresentou o menor volume de descarte de toners, indicando uma estratégia eficaz para minimizar os resíduos gerados. Portanto, a remanufatura de impressoras emerge como uma estratégia viável e sustentável para instituições de ensino superior, oferecendo benefícios econômicos e ambientais significativos

Palavras-chave: Dinâmica de Sistemas; Economia Circular; Impressoras; Modelagem; Remanufatura.

Abstract

The growing concern about sustainability and efficient resource management has driven studies on the circular economy and the remanufacturing of electronic devices, such as printers, in higher education institutions. Remanufacturing is seen as a promising strategy to reduce electronic waste and the costs associated with purchasing and maintaining equipment. This study aims to analyze the economic and environmental impacts of printer remanufacturing in a higher education institution, using computational modeling as an analysis tool. The research adopted the System Dynamics methodology, following four main steps: problem specification, construction of formal models, computational implementation and solution verification. Computational modeling was carried out with the Vensim software, allowing the simulation of different printer remanufacturing scenarios and the assessment of their economic and environmental impacts. The model was divided into three submodels: number of printers, number of toners and refills, and economic and environmental impacts. The study identified that the remanufacturing of printers can result in a significant reduction in costs and the volume of electronic waste generated. Specifically, a cost reduction of around 37% and a 2.5-fold decrease in the volume of electronic waste was observed when compared to the scenario without remanufacturing. Furthermore, the scenario that involved replacing printers with rented models had the lowest volume of toner disposal, indicating an effective strategy to minimize waste generated. Therefore, printer remanufacturing emerges as a viable and sustainable strategy for higher education institutions, offering significant economic and environmental benefits.

Keywords: Circular Economy; Modeling; Printers; Remanufacturing; Systems Dynamics.

[1] Doutor em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: glaucop10@redes.ufsm.br

[2] Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Doutor em Administração. E-mail: eosimonetto@gmail.com

[3] Doutoranda em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: sorayasoares.adm@gmail.com

[4] Doutoranda em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: sara_segatto@hotmail.com

[5] Doutoranda em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: profandreasilveira@gmail.com

INTRODUÇÃO

Dentre a atualidade a remanufatura é um processo crucial dentro do conceito de Economia Circular, que visa a redução do impacto ambiental e a otimização dos recursos. Esse processo envolve a devolução de um produto usado a uma condição semelhante à nova, através de etapas como inspeção, desmontagem, limpeza, reprocessamento, montagem e teste. Este processo tem por finalidade não apenas recuperar o valor agregado de um produto, mas também reduzir significativamente os gastos energéticos e os custos envolvidos com a produção de novos itens.

A remanufatura é definida como o processo de aproveitar peças em boas condições, retiradas de equipamentos defeituosos, para a construção de um dispositivo funcional semelhante a novo. Este conceito se alinha à Economia Circular, que propõe uma alternativa ao modelo linear de extração, transformação e descarte, promovendo a recolocação de materiais nas cadeias produtivas sem perda de qualidade. A Economia Circular é um modelo econômico que busca minimizar o desperdício e maximizar o uso dos recursos. Diferentemente do modelo linear tradicional, que segue a sequência extrair-produzir-descartar, a Economia Circular enfatiza a reutilização, a remanufatura, a reciclagem e a redução do uso de recursos, visando a sustentabilidade ambiental, econômica e social. A remanufatura, neste contexto, emerge como uma estratégia eficaz para reduzir tanto a quantidade de lixo eletrônico descartado quanto os custos associados à aquisição de novos equipamentos. Ao reutilizar componentes e peças de dispositivos defeituosos, a remanufatura contribui para a diminuição da demanda por recursos naturais e para a redução da geração de resíduos, alinhando-se aos princípios da Economia Circular e promovendo práticas mais sustentáveis.

No contexto de Instituições de Ensino Superior (IES), que mantêm grandes parques tecnológicos, a remanufatura de dispositivos, como impressoras, apresenta-se como uma alternativa viável e sustentável ao descarte convencional. A remanufatura torna possível diminuir a quantidade de resíduo eletrônico gerado e também seus custos associados como por exemplo à aquisição de novos equipamentos.

O estudo se justifica diante da necessidade crescente de abordagens sustentáveis dentro do contexto das Instituições de Ensino Superior (IES), especialmente no que tange à gestão de seus recursos tecnológicos, como impressoras. A remanufatura surge como uma estratégia promissora dentro da Economia Circular, oferecendo uma alternativa viável ao descarte convencional e à aquisição constante de novos equipamentos. É de suma relevância desenvolver modelos para analisar o impacto da remanufatura, já que é escasso estudos da área de modelagem com o intuito de realizar análises detalhadas que quantifiquem os impactos específicos da remanufatura de dispositivos eletrônicos em

ambientes educacionais. Ao desenvolver um modelo de simulação que considera variáveis como o número de impressoras, tempo de vida, custos, e volume de impressões, o estudo fornece insights valiosos sobre como a remanufatura pode ser implementada de maneira eficaz em IES.

O objetivo do estudo é avaliar os impactos financeiros e ambientais da remanufatura de impressoras em uma Instituição de Ensino Superior (IES), por meio da construção e análise de cenários de simulação. Especificamente, o estudo visa:

- Desenvolver um modelo computacional para simular os impactos da remanufatura de impressoras em uma universidade, considerando variáveis como número de impressoras, tempo de vida, custos, volume de impressões, entre outros.
- Analisar os benefícios financeiros e a redução no volume de dispositivos descartados resultantes da implementação da remanufatura de impressoras em uma IES.
- Recomendar a adoção da remanufatura de impressoras e políticas de gestão sustentável para reduzir a quantidade de equipamentos descartados e os custos associados à aquisição de novos equipamentos.
- Contribuir para o corpo de conhecimento sobre práticas sustentáveis no contexto da Economia Circular, destacando a importância da remanufatura para a sustentabilidade das empresas, especialmente em ambientes educacionais.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo foi a modelagem computacional, caracterizada por modelos prescritivos. Esses modelos baseiam-se na representação de objetivos e restrições de um processo, buscando soluções otimizadas, que podem ser resolvidas de maneira exata ou aproximada. A modelagem computacional permite representar o mundo real de forma abstrata e simplificada, facilitando explicações ou testes de comportamento de sistemas complexos. Os modelos são sistemas das atividades humanas relevantes, traçados com o uso do conceito de entrada-saída, não sendo idênticos à realidade, mas suficientemente similares para que as conclusões obtidas mediante sua análise e operação possam ser estendidas ao mundo real.

O texto está dividido em seis seções. Inicialmente é apresentada a introdução do estudo, em seguida é apresentado o referencial teórico, onde é abordado conceitos utilizados neste artigo científico. A seção três apresenta o método utilizado para o desenvolvido do estudo, e o desenvolvimento do modelo computacional é apresentado na sequência, os submodelos desenvolvidos e suas equações são expostas nesta seção. Os resultados são apresentados na seção cinco, onde é analisado a simulação e apresentado os principais resultados, o estudo se encerra na seção seis com as considerações finais.

REVISÃO DA LITERATURA

As seções a seguir discutem o problema central deste artigo – lixo eletrônico – trazendo como uma possível solução a aplicação da economia circular, focada na remanufatura.

Lixo Eletrônico

O lixo eletrônico é constituído por resíduos de aparelhos eletrodomésticos e equipamentos eletroeletrônicos, e engloba dispositivos como periféricos de computadores, monitores, televisores, baterias e pilhas, os quais, em desuso, estão sujeitos à sua disposição final; ele também é chamado de resíduo eletrônico, lixo tecnológico, lixo digital ou, ainda, e-waste, e envolve dispositivos de uso doméstico, comercial e industrial (RAUTELA, 2021).

A presença de substâncias potencialmente tóxicas, como gases de efeito estufa, substâncias halogenadas, bifenilaspolicloradas, bromatos e o arsênio, torna preocupante o mal descarte desses componentes, em virtude de seu potencial poluidor (SHITTU; WILLIAMS; SHAW, 2021). O Quadro 1 sintetiza uma série de substâncias potencialmente tóxicas que estão presentes em aparelhos eletrônicos, de modo geral.

Quadro 1 - Substâncias encontradas em dispositivos eletrônicos

Componente	Dispositivos
Mercúrio	Computadores, Monitores e TV de plasma.
Cádmio	Computadores, monitores de tubo e baterias de laptops.
Arsênio	Celulares
Berílio	Celulares
Retardantes de chamas	Usados para prevenir incêndios em diversos eletrônicos
Chumbo	Computador, celular e televisão.
Bário	Lâmpadas fluorescentes e tubos.
PVC	Usado em fios para isolar correntes

Fonte: Elaboração própria. Adaptada de Ferreira e Ferreira (2008)

Alkouh, Keddar e Alatefi (2023) indicam que “a maioria desses elementos é desperdiçada em coletas insuficientes, reciclagens inapropriadas e também com a exportação ilegal do lixo”. Ainda segundo os autores, o descarte incorreto pode afetar a sociedade diretamente, já que a emissão dessas substâncias tóxicas contamina o solo podendo atingir lençóis freáticos e, consequentemente, água potável e plantações.

Economia Circular

A Economia Circular (EC) busca romper com o modelo linear tradicional de extração, transformação e descarte aplicado na maioria das empresas, a partir de métodos que possibilitam a reinserção dos materiais na cadeia produtiva sem perda de qualidade (Azevedo, 2015). O modelo de Economia Circular baseia-se na natureza para promover um desenvolvimento mais sustentável, com o

fechamento do ciclo de vida dos produtos e a redução do consumo de energia, matérias-primas e água (TIOSSI; SIMON, 2021).

A Economia Circular evita o desperdício ao propor a criação de múltiplos ciclos de uso de produtos, que circulam de forma eficiente sendo recolocados nas cadeias de produção em vez de serem descartados (Azevedo, 2015). Se, por um lado, materiais biodegradáveis podem ser reaproveitados como nutrientes biológicos pelo meio ambiente, os materiais sintéticos ou minerais podem, por outro lado, ser mantidos em ciclos fechados como "nutrientes técnicos"; a EC minimiza a produção de resíduos, maximizando o aproveitamento dos recursos naturais e o valor econômico dos produtos. (LEITÃO, 2015). Ainda para a autora, trata-se de um modelo regenerativo, que vai de encontro ao modelo de indústria destrutiva e predatória.

A EC é baseada em alguns princípios, segundo EMF (2013): (i) projeto livre de lixo, isto é, elaboração de produtos com possibilidade de desmontagem e reaproveitamento; (ii) construção de resiliência através de diversidade, presente em características como modularidade, versatilidade e adaptabilidade; (iii) confiança em fontes de energia renováveis; (iv) pensamento em sistemas, a partir da habilidade em entender como as partes influenciam entre si e com o todo; e (v) resíduos são alimentos, ou seja, componentes que seriam descartados acabam por serem reintroduzidos nas cadeias de produção.

Remanufatura

A remanufatura é um processo de transformação de produtos usados em produtos com a mesma qualidade, funcionalidade e garantia de quando novos, consistindo em processos para desmontar, limpar, inspecionar, reparar, substituir e remontar os componentes de um produto para restaurá-lo à sua condição inicial (MATSUMOTO *et al*., 2016).

Para Hatcher *et al*. (2013), remanufatura é o processo de devolução de um produto usado para uma condição semelhante à nova, por meio de inspeção, desmontagem, limpeza, reprocessamento, montagem e teste. A remanufatura compreende a recuperação do valor agregado de um produto, tornando-o similar a quando ele foi manufaturado pela primeira vez, reduzindo os gastos energéticos e custos envolvidos com a produção (JIANG, 2022). A remanufatura traz benefícios econômicos, ambientais e sociais, uma vez que diminui os custos para a produção, reduz os gastos energéticos e a disposição de resíduos, e permite a geração de emprego e venda de produtos por preços mais acessíveis que os novos, o que, nos últimos anos, tem atraído crescente atenção global (MATSUMOTO *et al*., 2016).

METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi a modelagem computacional, caracterizada por modelos prescritivos. Os modelos prescritivos baseiam-se na representação de objetivos e restrições de um processo, para o qual se buscam soluções otimizadas, podendo ser resolvidos de maneira exata ou aproximada (GOLDBARG; LUNA, 2005). A partir de modelos, objetiva-se representar o mundo real de forma abstrata e simplificada, permitindo explicações ou testes de comportamento no todo ou em partes. Ainda segundo Goldbarg e Luna (2005), um modelo não é idêntico à realidade, mas suficientemente similar para que as conclusões obtidas mediante sua análise e operação possam ser estendidas ao mundo real. Os modelos são sistemas das atividades humanas relevantes, traçados com o uso do conceito de entrada-saída.

Modelagem Computacional é uma área de conhecimento multidisciplinar que trata da aplicação de modelos matemáticos e técnicas da computação para a análise, compreensão e estudo de problemas complexos em áreas como engenharias, ciências exatas, biológicas, humanas e economia. São representações incompletas e mais simples do que o objeto ou sistema em questão (COSTI *et al*., 2004).

Chwif e Medina (2015) descrevem a modelagem computacional como uma apresentação de sistemas reais, sendo importante para entender sua complexidade. Um modelo de simulação auxilia a captura de características de tempo, estado e natureza: a partir de *softwares,* essas características são repetidas com comportamento semelhante ao que o sistema real apresentaria, auxiliando o processo decisório (CHWIF; MEDINA, 2015).

Para Andrade (2006), modelagem computacional é o processo de construir modelos em *softwares* de Dinâmica de Sistemas, visando ao desenvolvimento de micromundos gerenciais. Como vantagens da modelagem tem-se: (i) a possibilidade de alterar parâmetros; (ii) a simulação da passagem do tempo; e (iii) a avaliação de influências mútuas de maneira dinâmica. A principal função do *software* é permitir a reavaliação dos modelos desenvolvidos, uma vez que o computador oferece um local seguro para experimentações que geram aprendizagem (ANDRADE, 2006).

A Dinâmica de Sistemas (DS) permite o estudo do comportamento de sistemas ao longo do tempo, possibilitando a avaliação das consequências da tomada de decisões. Pela necessidade de estudar os impactos da remanufatura de impressoras em um horizonte temporal futuro, decidiu-se utilizá-la junto à modelagem e simulação computacional. A DS auxilia a construção de modelos da maioria dos sistemas conhecidos para que, com apoio de *softwares*, possamos simular o comportamento destes sistemas ao longo do tempo (VENTANA SYSTEMS, 2016).

Um modelo de DS pode ser definido como a estrutura resultante da interação de políticas. Esta estrutura é formada por dois componentes principais, que são os estoques e os fluxos. Ford (2009) define a DS como uma combinação de estoques e fluxos que utilizam uma estrutura computacional para serem simulados. Os estoques referem-se às variáveis do modelo que são acumuladas no sistema e os fluxos são as decisões ou políticas. Estes componentes podem estar organizados na forma de relações de causa e efeito, denominadas *feedback* de balanço ou de reforço, e estão sujeitos às defasagens temporais no sistema em análise.

Embora as representações computacionais apresentem similaridade, elas não podem ser vistas como cópias fidedignas da realidade que descrevem: são modelos que procuram retratá-la da melhor forma possível. Para Hillier e Lieberman (2013), como o modelo idealizado não é uma representação exata do problema real, não há garantias de que a melhor solução apresentada se comprove como a melhor possível, ou que possa ser implementada em totalidade para o problema real. Logo, não são possíveis aferições que garantam certeza absoluta aos resultados, mas sim soluções viáveis ao modelo que representam.

Hillier e Lieberman (2013) indicam que os modelos podem descrever um problema de forma concisa, tornando compreensível sua estrutura geral e ajudando a revelar relacionamentos de causa-efeito. Law (2015) apresenta a metodologia de Dinâmica de Sistemas a partir de quatro etapas, que foram seguidas para o desenvolvimento deste trabalho. As etapas são:

> Especificação e estruturação do problema de pesquisa, a partir de estudos em publicações científicas e relatórios técnicos, entrevistas com *stakeholders* e observações do ambiente onde os dados são coletados. Para este trabalho, a partir de levantamentos bibliográficos, em literatura científica e técnica, e entrevistas com técnicos da área de manutenção em impressoras, identificou-se o problema e levantaram-se suas variáveis.
>
> Construção de modelos formais para a representação do problema. Nesta etapa, foram estruturadas as relações entre as variáveis, e definidas as equações para a geração de cada uma delas.
>
> Implementação computacional dos modelos, podendo ser utilizados simuladores. A implementação foi realizada utilizando o software Vensim (VENTANA SYSTEMS, 2016), um simulador computacional com suporte às necessidades do modelo, bem como da Dinâmica de Sistemas.
>
> Verificação e validação da solução apresentada, através de testes simulados. Além da verificação com especialistas na área, realizaram-se testes prévios, antes da execução da simulação completa, para verificar se os dados gerados em cada variável eram os esperados a partir da informação de entrada.

Diversos autores utilizam esta metodologia para a análise de questões relacionadas ao meio-ambiente e a sustentabilidade, dentre os quais pode-se citar os estudos de Sufian e Bala (2007);

Abeliotis, *et al.*, (2009); Dyson e Chang (2005); Kum, Sharp e Harnpornchai (2005) e Simonetto (2014) entre outros.

O MODELO DE SIMULAÇÃO

Para analisar os impactos econômicos e ambientais da remanufatura de impressoras, um modelo de simulação computacional foi construído. A fim de facilitar o entendimento, o modelo foi dividido em três submodelos: (i) o submodelo da quantidade de impressoras; (ii) o submodelo quantidade de toners e recargas; e (iii) o submodelo impactos econômicos e ambientais. As variáveis do modelo armazenam, principalmente, a quantidade de impressoras novas, remanufaturadas e descartadas do sistema; a quantidade de toners novos, usados, recargas disponíveis, recargas usadas e toners necessários; os custos para a remanufatura, compra de novas impressoras e aluguel de impressoras; e o volume de impressoras e toners descartado. A seguir, os três submodelos são descritos.

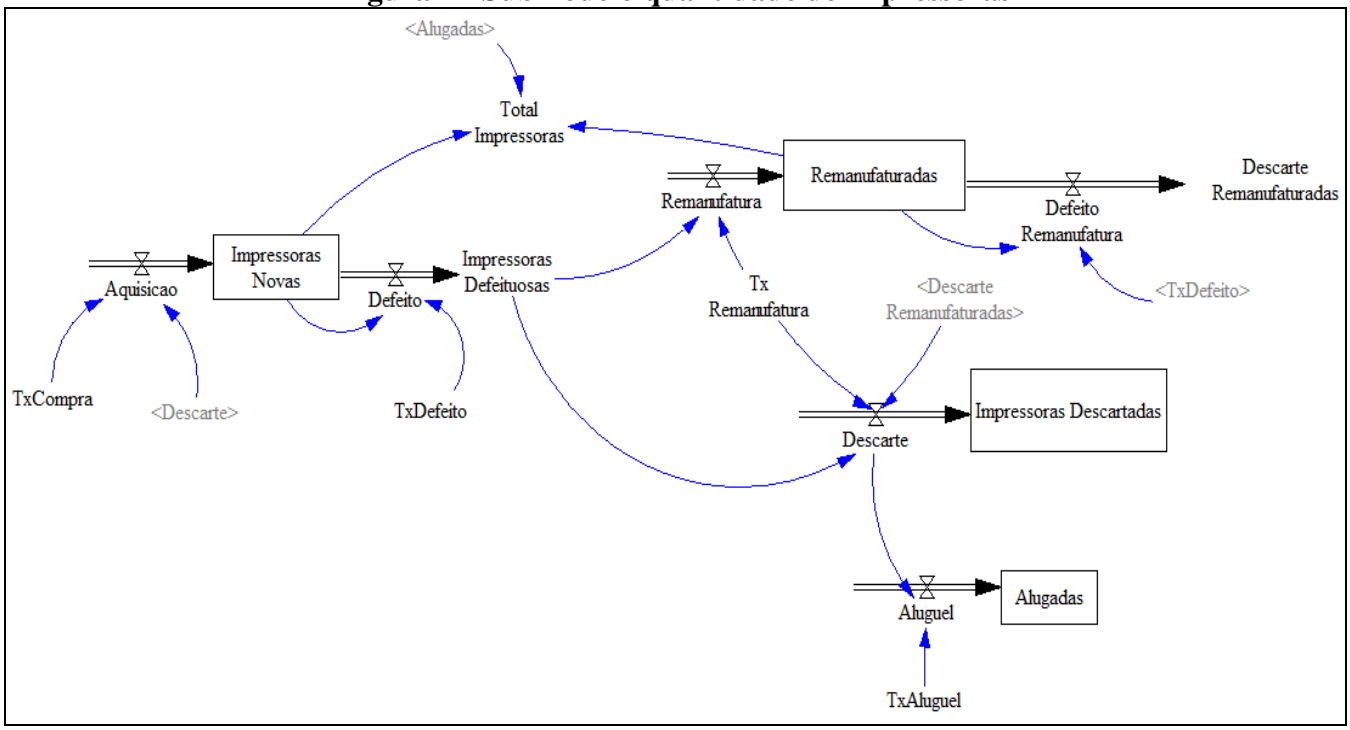
O submodelo quantidade de impressoras

O submodelo quantidade de impressoras foi construído para calcular o número de impressoras disponíveis no sistema a cada ano, sejam elas novas (isto é, compradas), remanufaturadas ou alugadas. As impressoras novas são armazenada em uma variável de *stock*, que tem como entrada a aquisição de novas impressoras e como saída a quantidade dessas impressoras que apresenta defeito, ou seja, ela armazena as impressoras compradas que estão em funcionamento. Quando uma impressoras torna-se defeituosa, ela possui dois caminhos: ser remanufaturada ou descartada. Caso seja remanufaturada, ela irá alimentar o fluxo de entrada da variável de estoque ImpressorasRemanufaturadas, que armazena as impressoras novas que foram remanufaturadas e estão em funcionamento. Outra variável de estoque é ImpressorasAlugadas, que armazena a quantidade de impressoras que são alugadas, com base nas impressoras que serão descartadas, e em uma taxa de aluguel.

A variável TxRemanufatura indica a relação de aproveitamento de impressoras no processo de remanufatura, ou seja, a partir de quantas impressoras defeituosas pode-se gerar uma impressora em funcionamento. Já a variável TxDefeito informa a porcentagem de impressoras que terá defeito a cada ano. Por fim, as variáveis TxCompra e TxAluguel, respectivamente, armazenam a relação de impressoras que serão compradas ou alugadas para cada impressora descartada. Essas variáveis de taxa

permitem que o usuário da simulação monte cenários que mais se adaptem às suas realidades, isto é, qual a porcentagem de impressoras tem defeito por ano, em média; a partir de quantas impressoras defeituosas é possível montar uma em boas condições; quantas novas impressoras serão compradas para cada impressora que será descartada; e quantas impressoras serão alugadas para cada descartada. A Figura 1 ilustra o submodelo.

Figura 1 - Submodelo quantidade de impressoras



Fonte: Elaboração própria.

Os fluxos do submodelo quantidade de impressora são: (i) aquisição, que calcula a quantidade de impressoras que devem ser adquiridas; (ii) defeito, que calcula quantas impressoras novas, em funcionamento, têm defeito a cada ano; (iii) remanufatura, que calcula a quantidade de impressoras remanufaturadas, a partir das defeituosas, em um determinado ano; (iv) defeitoRemanufatura, que verifica a quantidade de impressoras já remanufaturadas que terão defeito a cada ano; (v) descarte, que realiza o cálculo da quantidade de impressoras que serão descartados por ano; e (vi) aluguel, que calcula a quantidade de impressoras que serão alugadas, no ano. O Quadro 2 traz as de fórmulas das variáveis deste sub-modelo:

Quadro 2 - Fórmulas do submodelo quantidade de impressoras

1.	**Aquisição**: Integer(Descarte*TxCompra)
2.	**ImpressorasNovas**: Aquisicao-Defeito
3.	**Defeito**: Integer(TxDefeito*ImpressorasNovas)
4.	**ImpressorasDefeituosas**: Defeito
5.	**Remanufatura**: Integer(Impressoras Defeituosas*TxRemanufatura)
6.	**Remanufaturadas**: Remanufatura-DefeitoRemanufatura
7.	**DefeitoRemanufatura**: Integer(TxDefeito*Remanufaturadas)
8.	**DescarteRemanufaturadas**: DefeitoRemanufatura
9.	**Descarte**: Integer((1-TxRemanufatura)*Impressoras Defeituosas+DescarteRemanufaturadas)
10.	**ImpressorasDescartadas**: Descarte
11.	**Aluguel**: Integer(TxAluguel*Descarte)
12.	**Alugadas**: Aluguel

Fonte: Elaboração própria.

O submodelo quantidade de toners e recargas

O segundo submodelo trata de calcular a quantidade de toners necessários em cada ano de simulação e, a partir dessa informação, estimar a quantidade de recargas necessárias, bem como o número de toners novos que devem ser adquiridos. Para calcular o número de toners necessários, a cada ano, divide-se o número de cópias que serão necessárias pela quantidade de cópias que um toner pode imprimir. Essa conta leva em consideração, também, as impressoras alugadas, uma vez que, para essas, não há a necessidade de aquisição de toners. O número de toners necessários é armazenado na variável TonersNecessários. Baseando-se em informações técnicas de toners, verificou-se que o número de impressões de um toner novo é o mesmo que de toners recarregados.

As variáveis de stock deste submodelo são: (i) TonersNovos, que armazena o número de toners novos disponíveis; (ii) TonersUsados, contabilizando quantos dos toners novos já foram usados; (iii) RecargasDisponiveis, que armazena o número de recargas que podem ser feitas; (iv) RecargaUsada, contabilizando quantas recargas já foram realizadas. Além dessas variáveis de stock, outras variáveis auxiliares estão definidas neste submodelo: a variável RecargaPorToner armazena a quantidade de vezes que um toner pode ser recarregado, enquanto que a variável RecargasNecessárias calcula o número de recargas que devem ser feitas no ano, com base no número de toners necessários e de toners novos disponíveis.

O submodelo parte do número de toners necessários e prioriza o uso de toners novos, visto que esses já foram adquiridos e ainda não foram utilizados. Caso não haja toners novos disponíveis para atender à necessidade de toners, busca-se utilizar as recargas disponíveis. Por fim, não havendo toners novos tampouco recargas disponíveis, passa-se à compra (aquisição) de toners. Os fluxos do submodelo são AquisicaoToner, que contabiliza quantos toners deversão ser adquiridos; UsoTonerNovo, que calcula quantos toners novos foram utilizados; AquisicaoRecarga, contabilizando quantas recargas

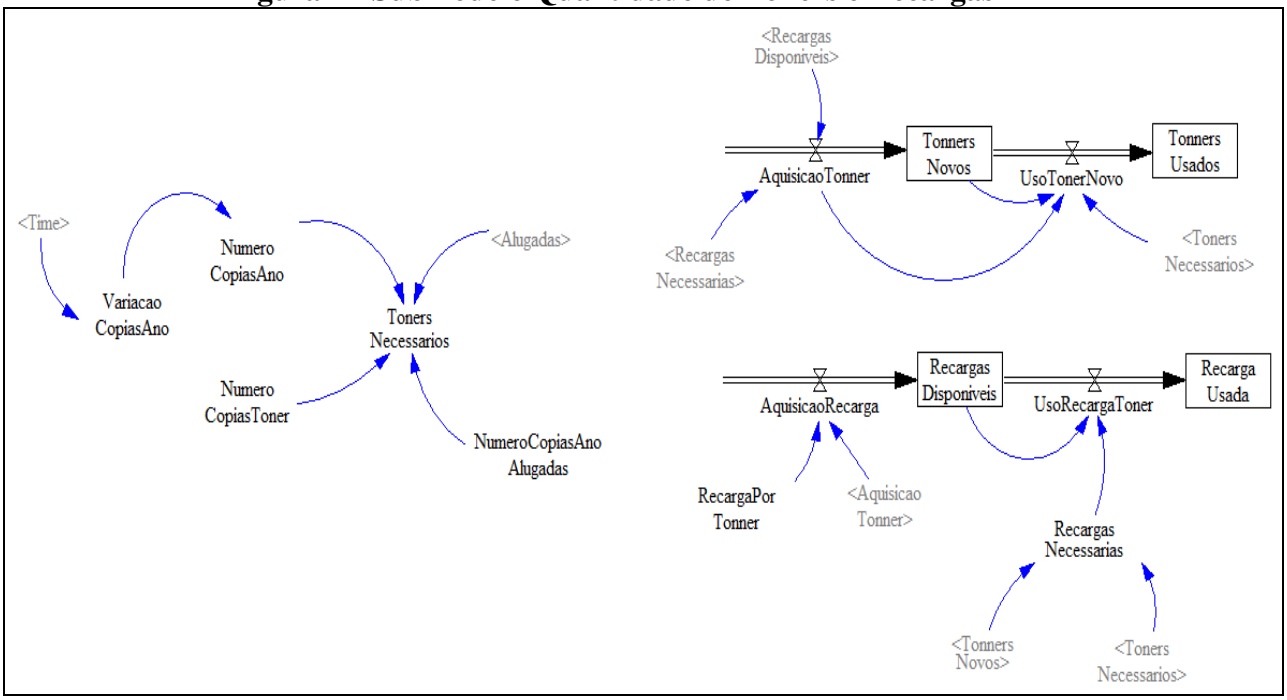
novas podem ser feitas, com base em toners adquiridos; e UsoRecargaToner, calculando a quantidade de recargas de toners que são feitas. O Quadro 3 traz as fórmulas do submodelo quantidade de toners e recargas, enquanto que a Figura 2 traz sua ilustração.

Quadro 3 - Fórmulas do submodelo quantidade de toners e recargas

1. **TonersNecessarios**:(NumeroCopiasAno - Alugadas * NumeroCopiasAnoAlugadas)/(NumeroCopiasToner)
2. **AquisicaoTonner**: IF THEN ELSE (RecargasNecessarias-RecargasDisponiveis > 0, RecargasNecessarias-RecargasDisponiveis, 0)
3. **TonnersNovos**: AquisicaoTonner-UsoTonerNovo
4. **UsoTonerNovo**: IF THEN ELSE(TonnersNovos > TonersNecessarios, TonersNecessarios , TonnersNovos) + AquisicaoTonner
5. **TonnersUsados**: UsoTonerNovo
6. **AquisicaoRecarga**: (AquisicaoTonner*RecargaPorTonner)
7. **RecargasDisponiveis**:AquisicaoRecarga-UsoRecargaToner
8. **UsoRecargaToner**: IF THEN ELSE(RecargasNecessarias > RecargasDisponiveis, RecargasDisponiveis, RecargasNecessarias)
9. **RecargaUsada**: UsoRecargaToner
10. **RecargasNecessarias**: TonersNecessarios - (IF THEN ELSE(TonnersNovos > TonersNecessarios, TonersNecessarios , TonnersNovos))

Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 - Submodelo Quantidade de Toners e Recargas



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 2 apresentou o submodelo desenvolvido que poderá ser utilizado para simular outras bases de dados, a seguir será apresentado o submodelo responsável por modelar os impactos ambientais e econômicos.

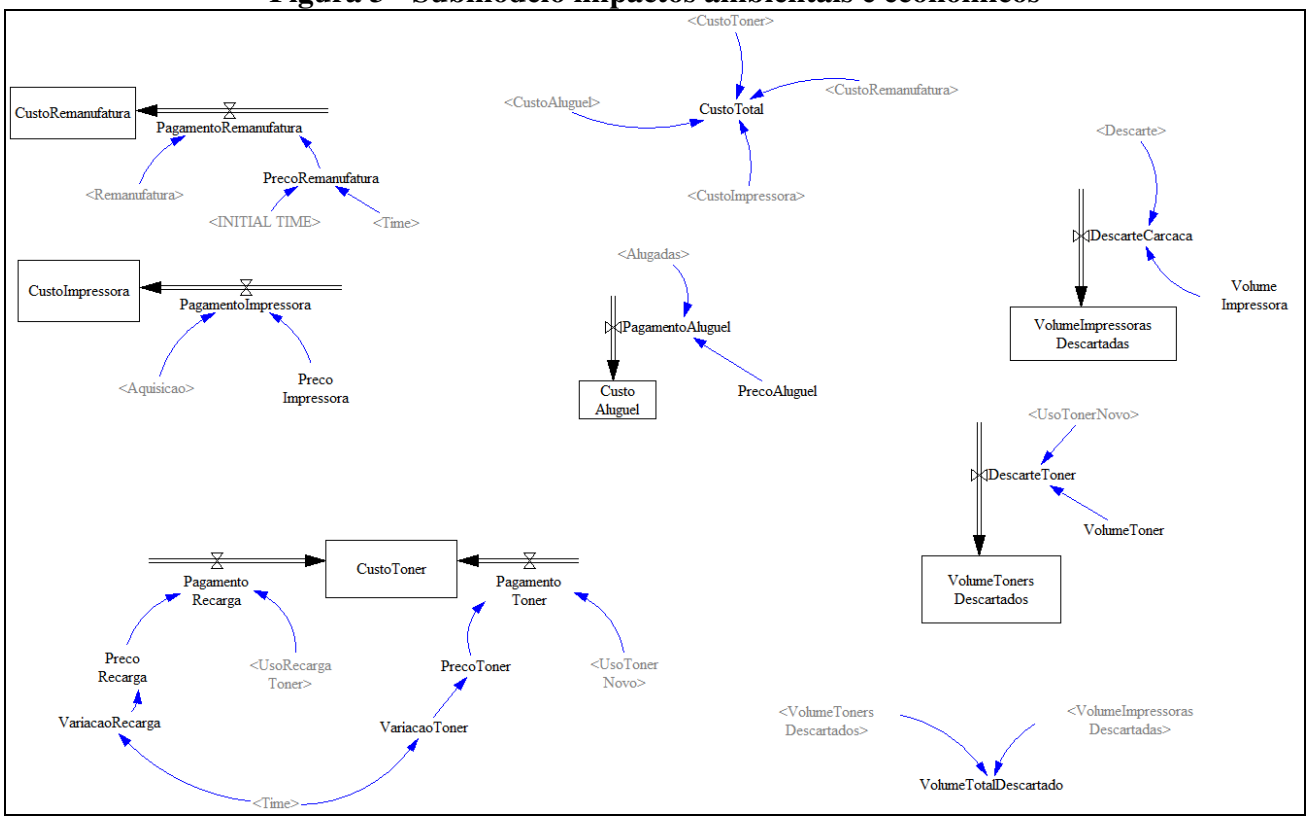
O submodelo impactos ambientais e econômicos

Este submodelo busca estimar os impactos financeiros (custos) e os impactos ambientais, com relação ao descarte, no modelo proposto. As variáveis de *stock* deste submodelo, referentes aos impactos financeiros, são: (i) CustoRemanufatura, que armazena o total gasto para remanufaturar as impressoras; (ii) CustoImpressora, com o total gasto em aquisição de impressoras; (iii) CustoAluguel, com o valor total dos aluguéis de impressoras; e (iv) CustoToner, contabilizando o valor gasto com a compra e recarga de toners. Além disso, a variável CustoTotal armazena o valor total gasto, sendo a soma das outras quatro.

Já as variáveis de *stock* referentes aos impactos ambientais, pelo descarte, são VolumeImpressorasDescartadas e VolumeTonersDescartados, que contabilizam, respectivamente, os volumes totais das impressoras e toners descartados, com base no volume de suas carcaças.

Cada variável de estoque deste submodelo recebe dados de um fluxo de entrada, com exceção do CustoTotal. A Figura 3 ilustra o submodelo. O Quadro 4, por sua vez, sumariza as equações deste submodelo.

Figura 3 - Submodelo impactos ambientais e econômicos



Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 - Fórmulas do submodelo impactos ambientais e econômicos

1.	**CustoRemanufatura:** PagamentoRemanufatura
2.	**PagamentoRemanufatura**: PrecoRemanufatura*Remanufatura
3.	**CustoImpressora**: PagamentoImpressora
4.	**PagamentoImpressora**: PrecoImpressora*Aquisicao
5.	**CustoAluguel**: PagamentoAluguel
6.	**PagamentoAluguel**: Alugadas*PrecoAluguel
7.	**CustoTotal**: CustoAluguel+CustoImpressora+CustoRemanufatura
8.	**VolumeImpressorasDescartadas**: DescarteCarcaca
9.	**DescarteCarcaca**: Descarte*VolumeImpressora
10.	**VolumeTonersDescartados**: DescarteToner
11.	**DescarteToner**: UsoTonerNovo*VolumeToner
12.	**CustoToner**: PagamentoRecarga+PagamentoToner
13.	**PagamentoRecarga**: PrecoRecarga*UsoRecargaToner
14.	**PagamentoToner**: PrecoToner*UsoTonerNovo
15.	**CustoTotal**: CustoAluguel+CustoImpressora+CustoRemanufatura+CustoToner

Fonte: Elaboração própria.

Após os modelos desenvolvidos será apresentado o resultado da simulação, vale ressaltar que os modelos e as equações poderão ser ajustados conforme a necessidade.

SIMULAÇÃO E RESULTADOS

Foram definidos 4 cenários de simulação para verificar os impactos da remanufatura de impressoras, a partir do modelo desenvolvido. Os cenários foram projetados com base em dados de uma Universidade Pública Federal: algumas de suas variáveis foram calibradas com valores fixos, para todos os cenários, enquanto que outras tiveram modificações em cada um dos cenários, a fim de verificar seus impactos, em termos financeiros e ambientais, ao longo de um período de 10 anos. Foram consideradas apenas impressoras a laser para uso pessoal, ou seja, impressoras jato de tinta, matriciais, *plotters* e outras impressoras de maior porte foram excluídas. O número de cenários (4) foi escolhido com base em Andrade (ANDRADE, 2006).

A quantidade inicial de impressoras, em todos os cenários, foi definida como 1816 - número estimado de impressoras da instituição, obtido a partir de relatórios de levantamento patrimoniais. Esse número também foi utilizado como total de recargas disponíveis, por não se saber quantas vezes os toners de cada impressora já foi recarregado. Tendo em vista que as quantidades de servidores e alunos da instituição não têm sofrido mudanças significativas, determinou-se nos, três primeiros cenários, que não há necessidade de acréscimo no número de equipamentos, ou seja, foi definido que o número inicial de impressoras é suficiente para atender a demanda da universidade, e que novas impressoras podem ser adquiridas apenas para substituir equipamentos com defeito. Para o quarto cenário, simulou-se uma redução no número total de equipamentos, pregando um maior compartilhamento dos dispositivos.

Bousquin *et al*., (2012) indicam que o tempo de vida das impressoras varia de 2 a 8 anos; enquanto que Stobbe (2007) apud Bousquin, Esterman e Rothenberg (2011) indica um tempo de 5 anos. Optou-se, dessa forma, por fixar o tempo de vida de todas as impressoras do estudo em 5 anos, estando de acordo com ambos trabalhos e facilitando o entendimento do modelo; por isso, a taxa de defeito foi definida como 0,2 (⅕). Já a taxa de remanufatura foi definida como ⅓, ou seja, para cada 3 impressoras defeituosas, uma pode ser gerada, nos cenários em que há remanufatura. Esse valor foi obtido a partir de contato com especialistas técnicos da própria instituição que atuam na manutenção de dispositivos computacionais. Os mesmos especialistas, servidores técnicos-administrativos da IES, também contribuíram para a definição do custo da remanufatura: a partir do tempo médio gasto para a realização do serviço (4 horas, indicado pelos servidores), do salário do cargo responsável pela manutenção dos equipamentos e do plano de carreira, calculou-se o custo de remanufatura de uma impressora como R$72 no primeiro ano, chegando a R$97 no décimo ano, devido às progressões previstas.

O preço unitário da impressora foi mantido constante em R$687,00, sendo este o valor do modelo de impressora a laser disponível para aquisição pela instituição. Optou-se por manter o valor fixo, devido à variação do valor das impressoras ao longo do período histórico analisado (2007 a 2017) sem um padrão definido. Da mesma forma, o valor anual do aluguel também foi constante ao longo dos 10 anos simulados, em R$790,00, por ser o valor da licitação mais utilizada na instituição, atualmente. O volume para uma impressora foi fixado em todos os cenários em 21312 cm³ (volume do modelo de impressora mais presente na instituição); já o volume do toner foi definido como 4433 cm³, por ser o toner mais utilizado.

Para estimar o número de impressões realizadas a cada ano, utilizaram-se dados de folhas A4 utilizadas na instituição entre 2007 e 2017: definiu-se que o comportamento dos 10 anos de simulação seria similar ao encontrado nos 10 anos anteriores. O valor inicial definido para as impressões foi o dobro da quantidade de folhas utilizadas na IES até junho de 2017. De forma análoga, a variação dos preços de compra de toners novos e recarga foram definidos com base no comportamento de 2007 a 2017. Para este caso, utilizaram-se dados dos toners de maior consumo na instituição. Por fim, a quantidade de recargas para cada toner foi definida como 3 para todos os cenários, e a quantidade de impressões por toner foi fixada em 2000 cópias; essas variáveis foram determinadas com base em informações técnicas de fabricantes. A Tabela 1 sintetiza algumas das variáveis constantes nos cenários de simulação.

Tabela 1 - Valores de variáveis constantes nos cenários

Variável	Valor
Número inicial de impressoras	1816
Taxa de defeito (TxDefeito)	0,2
Taxa de remanufatura (TxRemanufatura)	⅓ (quando há)
Preço de remanufatura (PrecoRemanufatura)	R$72,00 a R$97,00
Preço de cada impressora (PrecoImpressora)	R$687,00 por impressora
Preço (anual) do aluguel (PrecoAluguel)	R$790,00 por impressora
Número impressões por toner (NumeroCopiasToner)	2000 cópias por toner
Número de recargas por toner (RecargaPorTonner)	3 recargas por toner
Volume da impressora (VolumeImpressora)	21312cm³ por impressora
Volume de toner (VolumeToner)	4433cm³ por toner

Fonte: Elaboração própria.

Os 4 cenários foram enumerados (I, II, III e IV) e definidos como descrito a seguir. A Tabela 2 traz o valor das variáveis que foram alterada em cada cenário.

- **Cenário I**: considera que nenhuma impressora com defeito será remanufaturada nem alugada, ou seja, todas serão descartadas, e novas impressoras são compradas.
- **Cenário II**: há remanufatura de impressora em uma taxa de 1 impressora remanufaturada para 3 estragadas, e compra de novas impressoras para cada descartada (ou seja, 2 compras para cada 3 defeituosas, e 1 compra para cada impressora remanufaturada defeituosa).
- **Cenário III**: há remanufatura de 1 impressora para 3 defeituosas, e, para cada 2 impressoras descartadas, 1 nova é comprada, e 1 é alugada. Também mantém-se o número total de impressoras constante.
- **Cenário IV**: há remanufatura na taxa de 1 para 3 defeituosas, mas não há compra. Para cada 5 impressoras defeituosas que serão descartadas, 1 nova é alugada. Dessa forma, atribui-se uma política de redução do número total de impressoras com o passar do tempo, utilizando o aluguel ao invés da compra.

Tabela 2 - Variáveis alteradas em cada cenário

Variável/Cenário	Cenário I	Cenário Ii	Cenário Iii	Cenário Iv
TxCompra	1	1	1/2	0
TxAluguel	0	0	1/2	1/5
TxRemanufatura	0	1/3	1/3	1/3

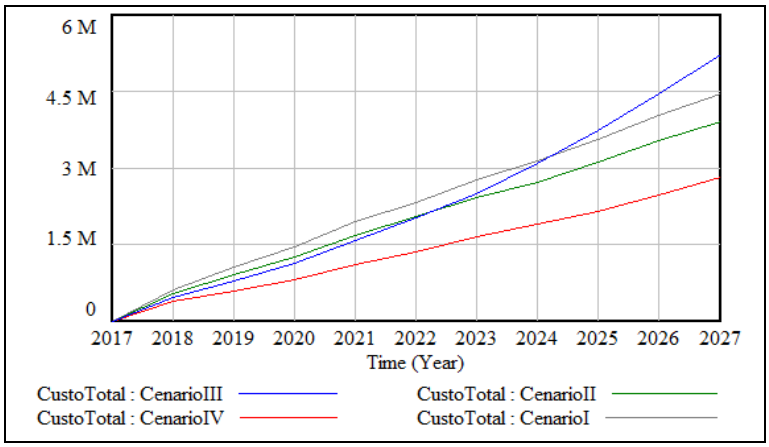
Fonte: Elaboração própria.

Após a definição dos cenários, realizaram-se simulações utilizando o modelo implementado no simulador Vensin (VENTANA SYSTEMS, 2016), em um horizonte de tempo de 10 anos. Ressalta-se que o modelo pode ser alterado, assim como novos cenários podem ser produzidos com a alteração de valores de variáveis, proporcionando aos usuários (gestores) análise do tipo "o que (acontece) se (condição estiver presente)". Foram analisados impactos financeiros e ambientais, discutidos a seguir.

Em relação aos custos (impactos financeiros), verifica-se no Gráfico 1 que o Cenário III tem o maior custo após os 10 anos (R$5.209.860,00), embora no início ele permaneça menor que os Cenários I e II. Isso se deve à substituição da metade das impressoras defeituosas, que seriam descartadas, por

novas impressoras alugadas, cujo pagamento é feito anualmente para cada impressora. O Cenário IV é o menos custoso (R$2.825.410,00), pois não há aquisição de novas impressoras, e 1 impressora é alugada para cada 5 descartadas. Este cenário tem um custo de 54,23% do cenário III, o mais custoso. O Cenário I, que consiste em apenas substituir as impressoras defeituosas por novas, compradas, e não realização de remanufatura, resulta em gastos de R$4.452.870,00 ao final de 10 anos. Já no Cenário II, no qual há remanufatura, o gasto totaliza R$3.925.680,00. Dessa forma, verifica-se que, apenas com a remanufatura, haveria uma economia na ordem de 12% dos custos. Já com a política de diminuição das impressoras (Cenário IV) gera um custo de 63% do Cenário I.

Gráfico 1 - Custo total



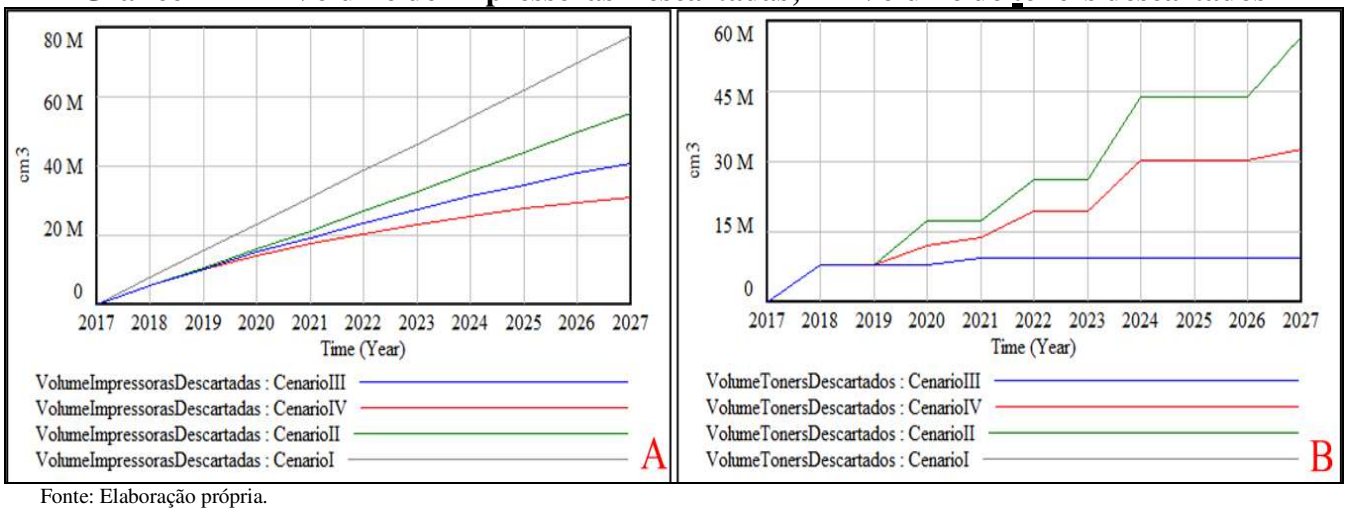
Fonte: Elaboração própria.

Do valor gasto em cada cenário, verifica-se que uma pequena parcela é para a remanufatura. O Cenário II é aquele em que há o maior gasto com a remanufatura, acumulando R$181.105 reais ao longo dos 10 anos. Os Cenários III e IV atingem, respectivamente, R$117.036 e R$76.190,00 ao final do horizonte considerado. Verifica-se, portanto, que é um processo com baixo custo, quando comparado ao total gasto para aquisição das impressoras e toners, além das recargas.

Com relação aos impactos ambientais, verifica-se que o Cenário IV é aquele que gera menor quantidade de resíduos de impressoras, (Gráfico 2A), enquanto que o Cenário III é aquele que gera menor volume de *toners* (Gráfico 2B). O Cenário I tem o maior descarte de impressoras, na ordem de 77 m³, sendo 2,5 vezes maior que o Cenário IV, que tem um descarte de 30 m³. A inclusão da remanufatura, no Cenário II, evita o descarte de 22 m³ de impressoras, uma vez que o descarte desse cenário chega a 55m³ nos 10 anos. Para os *toners*, o Cenário III gerou a menor quantidade de resíduos, cerca de 9m³, enquanto que o cenário IV gerou aproximadamente 32m³; já os cenários I e II têm a mesma quantidade de toners descartada, pois não usam aluguel: 56m³, ou seja, 1,75 vez maior que o

volume do Cenário IV e 6,2 vezes maior que o cenário III. Vale ressaltar, porém, que o uso de aluguel não acaba com o problema do descarte de toners, ele apenas remove essa responsabilidade da IES.

Gráfico 2 – A - Volume de Impressoras Descartadas; B - Volume de toners descartados



Fonte: Elaboração própria.

O estudo revelou que a remanufatura de impressoras, no contexto de uma Instituição de Ensino Superior, pode gerar impactos positivos tanto financeiros quanto ambientais. Financeiramente, a remanufatura mostrou-se cerca de 12% menos custosa ao longo de um horizonte de 10 anos, e quando combinada com uma política de redução de equipamentos, por meio do aluguel em vez da compra de novas impressoras, resultou em uma redução de custos da ordem de 37%. Ambientalmente, a remanufatura contribuiu para a diminuição do volume de dispositivos descartados em cerca de 22m³, representando um volume de cerca de 71% do cenário sem remanufatura. Com a política de redução do número de impressoras, o volume de descarte foi 2,5 vezes menor do que no cenário sem remanufatura e sem aluguel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se, por um lado, a evolução da tecnologia da informação disponibiliza uma grande quantidade de dispositivos eletrônicos que auxiliam a execução de tarefas rotineiras em organizações, por outro, o curto tempo de vida desses equipamentos, como as impressoras, acelera a geração de grandes quantidades de lixo eletrônico. A Economia Circular prega a realocação de materiais, provavelmente descartados, na cadeia de produção, diminuindo a geração de resíduos e trazendo impactos financeiros positivos.

Este artigo propôs avaliar os impactos ambientais e financeiros da remanufatura de impressoras, como alternativa ao descarte, no contexto de uma Instituição de Ensino Superior, fomentando a economia circular. Para isso, foi construído um um modelo de simulação computacional e foram avaliados 4 cenários, analisando tanto os custos, quanto o volume de dispositivos descartados.

Verificou-se que a remanufatura gera impactos positivos financeiramente, sendo cerca de 12% menos custosa no horizonte de 10 anos da IES analisada e, juntamente a uma política de redução de equipamentos, através do aluguel em contrapartida à compra de novas impressoras, chegou-se a uma redução da ordem de 37% dos valores gastos. De forma semelhante, o descarte foi diminuído através da remanufatura, em cerca de 22m³, de forma que o cenário com remanufatura gerou um volume de cerca de 71% do cenário sem remanufatura. Por outro lado, com a política de redução do número de impressoras, o volume gerado foi 2,5 vezes menor que o cenário sem remanufatura e sem aluguel. Para os toners, o cenário com menor geração de resíduos foi o III, que acaba por substituir as impressoras da instituição por outras alugadas, o que não gera descarte de toner para a IES. O volume gerado neste cenário é 28% do volume gerado pelo segundo melhor cenário (IV).

A partir da análise dos resultados, pode-se concluir que é importante buscar novos destinos para equipamentos eletrônicos antes de descartá-los, recolocando-os na cadeia produtiva. Sugere-se, dessa forma, que as organizações, como a IES estudada, empreguem esforços para implantar a remanufatura de impressoras, e que busquem políticas de gestão da quantidade desses equipamentos, reduzindo-os através do uso de impressoras compartilhadas.

Como limitações do estudo, aponta-se que não foram considerados os resíduos gerados pelas impressoras alugadas. Já como trabalhos futuros, busca-se tanto aprimorar o modelo, investigando outros dados que possam ser relevantes, bem como expandi-lo para levar em conta outros equipamentos como *scanners* e outros tipos de impressoras.

REFERÊNCIAS

ABELIOTIS, K. *et al*. “Decision support systems in solid waste management: a case study at the national and local level in Greece”. **Global NEST Journal**, vol. 11, n. 2, 2009.

ALKOUH, A.; KEDDAR, K. A.; ALATEFI, S. “Remanufacturing of Industrial Electronics: A Case Study from the GCC”. **Electronics**, vol. 12, n. 9, 2023.

ANDRADE, A. L. **Pensamento sistêmico**: caderno de campo. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

AZEVEDO, J. L. “A Economia Circular Aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa”. **Anais do XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2015.

BOUSQUIN, J. *et al*. "Life cycle assessment in the print industry: A Critical Review". **Journal of Industrial Ecology**, vol. 16, 2012.

BOUSQUIN, J.; ESTERMAN, M.; ROTHENBERG, S. "Life cycle analysis in the printing industry: A review". **NIP and Digital Fabrication Conference**, vol. 27, 2011.

CHARTER, M.; GRAY, C. "Remanufacturing and product design". **International Journal of Product Development**, vol. 6, n. 3, 2008.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de eventos discretos**: teoria e aplicação. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2015.

COSTI, P. *et al*. "An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management". **Waste Management**, vol. 24, n. 3, 2004.

DYSON, B.; CHANG, N. "Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling". **Waste management**, vol. 25, n. 7, 2005.

EMF - Ellen Macarthur Foundation. "Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition". **Ellen Macarthur Foundation** [2013]. Disponível em: <www.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 23/12/2023.

FERREIRA, J. M. B.; FERREIRA, A. C. "A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica". **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, vol. 3, n. 3, 2008.

FORD, A. **Modeling the environment**. Washington: Island Press, 2006.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear**: modelos e algoritmos. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005.

HATCHER, G. D. *et al*. "Design for remanufacturing in China: a case study of electrical and electronic equipment". **Journal of Remanufacturing**, vol. 3, 2013.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. São Paulo: Editora McGraw Hill Brasil, 2013.

JIANG, X. *et al*. "An energy-efficient method of laser remanufacturing process". **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, vol. 52, 2022.

KUM, V.; SHARP, A.; HARNPORNCHAI, N. "A system dynamics study of solid waste recovery policies in Phnom Penh City". **Proceedings The 23rd International Conference of the System Dynamics Society**. Boston: SDS, 2005.

LAW, A. M. **Simulation Modeling and Analysis**. Nova York: McGraw-Hill, 2015.

LEITÃO, A. "Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI". **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, vol. 1, n. 2, 2015.

MATSUMOTO, M. *et al*. "Trends and research challenges in remanufacturing". **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, vol. 3, 2016.

RAUTELA, R. *et al*. "E-waste management and its effects on the environment and human health". **Science of the Total Environment**, vol. 773, 2021.

SHITTU, O. S.; WILLIAMS, I. D.; SHAW, P. J. "Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges". **Waste Management**, vol. 120, 2021.

SIMONETTO, E. O. "Simulation computer to evaluate scenarios of solid waste–an approach using systems dynamics". **International Journal of Environment and Sustainable Development**, vol. 13, n. 4, 2014.

STOBBE, L. *et al*. "EuP Preparatory Studies 'Imaging Equipment' (Lot 4)". **Task**, vol. 1, 2007.

SUFIAN, M. A.; BALA, B. K. "Modeling of urban solid waste management system: The case of Dhaka city". **Waste Management**, vol. 27, n. 7, 2007.

TIOSSI, F. M.; SIMON, A. T. "Economia Circular: suas contribuições para o desenvolvimento da Sustentabilidade". **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, n. 2, 2021.

VENTANA SYSTEMS. "Vensim. Versão 6.3". **Ventana Systems** [2016]. Disponível em: <www.vensim.com>. Acesso em: 10/07/2023.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VI | Volume 17 | Nº 50 | Boa Vista |2024

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima