

## **MODELO DE SIMULAÇÃO PARA BALANCEAMENTO DE PROCESSOS: PESQUISA EXPERIMENTAL EM UMA COOPERATIVA DE TRIAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE GOIÂNIA (GO)**

## **SIMULATION MODEL FOR BALANCE OF PROCESSES: EXPERIMENTAL RESEARCH IN A SOLID WASTE SORTING COOPERATIVE IN THE CITY OF GOIÂNIA (GO)**

Karla Fabrícia Neves da Silva\* E-mail: [karla.fabricia@live.com](mailto:karla.fabricia@live.com)

Tiago dos Santos Almeida\* E-mail: [tiagoalmeida@ufg.br](mailto:tiagoalmeida@ufg.br)

Nelson Dias da Costa Júnior\* E-mail: [nelson.junior@ufg.br](mailto:nelson.junior@ufg.br)

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil.

**Resumo:** A reciclagem é fundamental para a transformação dos resíduos sólidos descartados pela população, em matéria-prima para a composição de um novo produto na cadeia de suprimentos. Em 2010 o governo instituiu a Lei Nº 12.305, a qual estimulou a criação e o desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. Entretanto, ainda se percebe diversos impasses para a atuação destas, uma vez que comumente enfrentam problemas organizacionais, estruturais e produtivos. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma proposta de balanceamento do processo da Primeira Triagem em uma cooperativa de triagem de resíduos sólidos urbanos localizada na cidade de Goiânia (GO) por meio da simulação de sistemas. Assim, para sua realização foi utilizado a abordagem metodológica de pesquisa quali-quantitativa, tendo um caráter de uma pesquisa experimental. Além disso, o estudo contempla o desenvolvimento de um modelo de simulação a partir do software Flexsim, o qual foram seguidas as etapas descritas por Banks *et al.* (2005). Portanto, a partir desse trabalho foi possível compreender que para ter um aumento da produtividade deve-se ter um remanejamento dos operadores no processo da Primeira Triagem, tendo como melhor composição proposta o cenário 18, o qual proporcionou um crescimento de 8,3% no faturamento e na renda mensal dos cooperados, e ainda diminuiu a carga de trabalho das duplas 2 e 3 que operam na esteira. Vale destacar que essa porcentagem de crescimento encontrada pode representar muito para os cooperados, visto que são pessoas que se encontram em situação de vulnerabilidade social. Para estudos futuros recomenda-se investigar os demais processos da cooperativa para confirmar o cenário proposto neste trabalho e poder ter sua aplicação na cooperativa.

**Palavras-chave:** Simulação. Cooperativa de triagem de resíduos sólidos. Balanceamento dos processos. Produtividade.

**Abstract:** Recycling is essential for the transformation of solid waste discarded by the population into raw material for the composition of a new product in the supply chain. In 2010, the government instituted Law No. 12,305, which stimulated the creation and development of cooperatives or other forms of association of collectors of reusable and recyclable materials. However, there are still several impasses for their performance, since they commonly face organizational, structural and productive problems. Thus, the present work aims to elaborate a proposal to balance the First Sorting process in an urban solid waste sorting cooperative located in the city of Goiânia (GO) through the simulation of systems. Thus, for its accomplishment, the methodological approach of qualitative-quantitative research was used, having the character of an experimental research. In addition, the study includes the development of a simulation model using the Flexsim software, in which the steps described by Banks *et al.* (2005). Therefore, from this work it was possible to understand that in order to have an increase in productivity, there must be a relocation of operators in the First Screening process, with scenario 18 as the best proposed composition, which provided an 8.3% growth in the billing and monthly income of the

cooperative members, and also reduced the workload of duos 2 and 3 that operate on the conveyor belt. It is worth mentioning that this percentage of growth can represent a lot for the cooperative members, since they are people who are in a situation of social vulnerability. For future studies, it is recommended to investigate the other processes of the cooperative to confirm the scenario proposed in this work and be able to have its application in the cooperative.

**Keywords:** Simulation. Urban solid waste sorting cooperative. Process Balancing. Productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos descartados pela população ao serem recuperados ou integrados à logística reversa, contribuem para o crescimento sustentável, visto que há uma redução dos resíduos alocados em aterros sanitários e lixões, além de uma minimização da extração de matérias-primas. Dessa forma, a reciclagem é fundamental para a transformação desses resíduos em matéria-prima para a composição de um novo produto na cadeia de suprimentos (MARTINHAGO; DA SILVA GOMES; DE LUCENA, 2014).

Em busca do fortalecimento do desenvolvimento sustentável do país, o governo instituiu a Lei Nº 12.305, em 2 de agosto de 2010, na qual colocou em vigor a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre as diretrizes relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). E ainda, nessa lei no Art. 8º são estimulados a criação e o desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

A formação de associações e cooperativas possuem uma capacidade de inserção social, além de proporcionar o aumento da escala de recuperação e separação dos resíduos sólidos. Entretanto, no Brasil ainda se percebe diversos impasses para a atuação dessas organizações (SANTIAGO *et al.*, 2013; SANTOS; DEUS; BATTISTELLE, 2018; FIDELIS; COLMENERO, 2018). Uma vez que a população não é orientada sobre a forma correta de descarte dos seus resíduos, e por efeito dificulta o trabalho dos profissionais ou organizações de reciclagem, como também, o pouco reconhecimento e investimento nesse setor. Portanto, essas comumente enfrentam problemas organizacionais, estruturais e produtivos. Assim como é enfatizado no estudo de Damásio (2010) citado pelo IPEA (2017), no qual 59% das organizações estão em situação de baixa ou baixíssima eficiência, tomando como base a produtividade calculada pela quantidade de resíduos sólidos em quilogramas triada por funcionário.

Não obstante, percebe-se uma maior dificuldade em implementar melhorias e técnicas nas cooperativas de triagem de materiais recicláveis tomando como perspectiva o cenário brasileiro. Assim como foi evidenciado no estudo realizado por Tortorella *et al.* (2018), no qual houve a implementação de práticas lean para o aumento da produtividade em cooperativas de Porto Alegre (RS). O referido autor retrata que em razão das condições socioeconômicas e da força de trabalho que geralmente vem sem formação técnica e com um baixo nível de escolaridade, a aplicação se tornou complexa.

Somado a essa observação, segundo Lau e Wang (2009), a maioria dos estudos relacionados à logística reversa tem como destaque os países desenvolvidos, os quais possuem uma realidade diferente dos países em desenvolvimento. Contudo, em específico às instalações de reciclagem, essa lacuna de conhecimento é notada também em países desenvolvidos, assim como mencionado no estudo de Krook e Eklund (2010), no qual refletem a ausência de pesquisas acerca da qualidade da triagem em centros de reciclagem na Suécia.

Ademais, para corroborar com essa perspectiva, Giel e Plewa (2017) enfatizam que para se atingir bons níveis de recuperação para as instalações de reciclagem é necessária uma organização adequada dos processos. Além disso, a simulação pode desempenhar um papel significativo ao retratar a triagem dos resíduos secos, visto que a partir desta é possível analisar o processo e avaliar a possibilidade de atribuir melhorias e otimização dos recursos (DE OLIVEIRA *et al.*,2017).

Entretanto, foram encontrados poucos estudos que abarcassem a simulação de sistemas em cooperativas de triagem de materiais recicláveis. Portanto, tendo como base esse cenário e o grande impacto e necessidade, se torna de extrema importância o desenvolvimento de novos estudos que consigam abranger essas cooperativas no Brasil, visando uma melhor organização e uma maior produtividade nestas instalações.

Em vista disso, o objetivo geral deste trabalho é elaborar uma proposta de balanceamento do processo da Primeira Triagem em uma cooperativa de triagem de resíduos sólidos na cidade de Goiânia (GO) por meio da simulação de sistemas. Dessa forma, possui como objetivo específico analisar a quantidade de recursos que devem ser alocados nesse processo, possibilitando assim um aumento da produtividade, da eficiência, do faturamento e da renda mensal por cooperado, além

de verificar se há necessidade de estender a esteira utilizada ou de aumentar o número de cooperados.

Este trabalho está dividido nos seguintes tópicos: introdução, na qual aborda uma breve contextualização do assunto, do problema a ser estudado e os objetivos; desenvolvimento com uma fundamentação teórica, com exposição dos conceitos acerca das cooperativas, da produtividade, do balanceamento de uma linha de produção e simulação de sistemas, a metodologia aplicada e os resultados. Por fim, o terceiro e quarto tópicos apresentam respectivamente as considerações finais e as referências bibliográficas.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Cooperativas**

As cooperativas que são focadas em atividades socioeconômicas e que buscam solucionar problemas públicos bem delimitados, direcionados a condição de vida dos indivíduos, integram a economia solidária. Esta é definida pelo Sistema Nacional de Informações em Economia Solidária (SIES) como o conjunto de atividades econômicas, sejam elas de produção, distribuição, consumo, poupança ou crédito, as quais são organizadas e desempenhadas solidariamente por trabalhadores sob a forma coletiva e de autogestão (SENAES, 2006). No estudo de Severino, Eid e Chiariello (2013), estes destacam que na organização do trabalho da economia solidária os trabalhadores possuem autonomia para estabelecer o ritmo, a intensidade e o método de trabalho para corresponder o planejamento no qual todos tiveram participação. Portanto, todas as decisões realizadas buscam garantir a democracia na organização, tendo o envolvimento de todos.

Vale destacar que a cooperação permite que aqueles que estejam envolvidos nessa organização tenham acesso a recursos que não conseguiriam comprar ou desenvolver caso estivessem no âmbito competitivo. Por consequência, essa é a principal vantagem desse tipo de colaboração, na qual a junção de recursos proporcionados pelos parceiros acarreta no desenvolvimento de um portfólio mais amplo e em rede (YUNUS; MOINGEON; ORTEGA, 2010).

Ademais, os empreendimentos de economia solidária possibilitam um aumento de renda, maior estabilidade financeira e segurança, ao promover melhores condições de alimentação, acesso à higiene e remédios e um local de trabalho com uma maior salubridade. Vale salientar que o poder de barganha se potencializa na

comercialização dos seus produtos, por ter um maior volume destes (MAGNI; GÜNTHER, 2014).

Nasciutti (2000) menciona que as cooperativas estão propensas a se adaptarem cada vez mais às diretrizes do mercado de forma competitiva, com o objetivo de sobreviverem. Visto que, passam a ser pressionadas pela agilidade, articulações e a necessidade de se ter uma liderança com perfil empresarial. Dessa forma, se desperta um dualismo, ao passo que os cooperados precisam lidar com a lógica democrática e de inclusão social, ao mesmo tempo em que alcançam a eficácia empresarial e a competição mercadológica (MOTTA, 2017).

Por fim, no Brasil, as cooperativas se encontram em diferentes conjunturas, algumas possuem uma situação econômica privilegiada, outras ainda procuram maneiras de sobreviver ao mercado e outras enfrentam dificuldades financeiras (ANDRADE; ALVES, 2013).

## **2.2 Produtividade**

A produtividade se trata da divisão obtida a partir do output de um fator de produção pelo input desse fator de produção. Além disso, o autor classifica em três categorias diferentes, sendo elas: Medidas de produtividade parciais, quando o produto está associado a uma fonte de insumo; Medidas de produtividade total dos fatores, quando a produção total menos os bens e serviços obtidos da mão-de-obra associada e entrada de capital; Medidas de produtividade total, quando a saída está vinculada com todas as fontes de entrada (SUMANTH, 1997).

Para Jurison (2007), a produtividade se trata da medida da relação dos produtos produzidos e os recursos utilizados para desenvolvê-los. E ainda, relata que a produtividade é aumentada ao se produzir mais com a mesma quantidade de recursos ou produzindo a mesma quantidade com menos recursos. O referido autor ressalta que as medições de produtividade podem ser embasadas em um fator de entrada ou em uma combinação destes. Vale ressaltar que em uma situação ideal as entradas devem ser controladas e minimizadas enquanto a produção deve ser maximizada (YEMANE *et al.*, 2020).

Dessa forma, para se ter um aumento de produtividade, há diversas metodologias e ferramentas que podem ser aplicadas nas áreas de ergonomia, qualidade, produção, dentre outras. Na pesquisa de Ali Naqvi *et al.* (2016), realizou-se um estudo de layout utilizando a metodologia Systematic Layout Planning (SLP)

juntamente com ferramentas lean, resultando em um aumento da produtividade, uma diminuição do tempo de espera e um aumento da taxa de produção. No estudo de Chen *et al.* (2011) também se aplicou o lean em uma indústria de luvas no sul da China, com o mesmo intuito de aumento de produtividade, e assim obteve sucesso alcançando uma melhoria no tempo de espera e na redução do tempo de processo.

### **2.3 Balanceamento de linha de produção**

O balanceamento de uma linha de produção se trata do nivelamento da carga de trabalho em todos os processos em uma célula ou fluxo de valor com o propósito de remover gargalos e a capacidade em excesso. Portanto, o objetivo é determinar um padrão eficiente para instalações ou trabalhadores, obtendo um equilíbrio ótimo ou mais eficiente das capacidades e fluxos dos processos (KUMAR; MAHTO, 2013).

O estudo do balanceamento de linhas de produção, de acordo com Oliveira *et al.* (2017), estabelece quantas estações e quais tarefas deverão ser atribuídas a cada uma, para assim determinar a quantidade mínima de trabalhadores e máquinas necessários para a capacidade requerida. Dessa forma, Peinado e Graeml (2007) destacam que para a realização do balanceamento de linha, devem ser seguidos os seguintes passos:

1. Dividir as operações de trabalho em elementos que possam ser executados de modo independente;
2. Calcular o tempo padrão para cada um dos elementos de trabalho;
3. Definir a sequência de tarefas e suas predecessoras;
4. Desenvolver um diagrama de precedências;
5. Calcular o tempo de ciclo e determinar o número mínimo de estações de trabalho;
6. Dispor as tarefas às estações de trabalho seguindo a ordem de montagem;
7. Verificar se há uma melhor forma de balanceamento, que consiga alcançar a mesma quantidade de tempos ociosos em cada estação de trabalho;
8. Calcular a porcentagem de tempo ocioso e o índice de eficiência da linha de produção.

Em vista disso, o balanceamento de uma linha de produção pode acarretar em um aumento da produtividade, visto que pode se identificar gargalos e reduzir o tempo de ciclo. Assim como pode ser visualizado no estudo de Morshed e Palash (2014), no qual melhoraram a eficiência geral da linha de montagem de modelo único em uma

indústria têxtil, reduzindo as atividades sem valor agregado, o tempo de ciclo, a produtividade geral e a distribuição da carga de trabalho em cada estação de trabalho por balanceamento de linha.

## **2.4 Simulação de sistemas**

As simulações de sistemas são programas que caracterizam situações reais em um computador, permitindo que o usuário interaja com o processo virtual inserindo dados e parâmetros no sistema. Por decorrência, se pode tomar decisões em cenários distintos, para obter os resultados destes e analisá-los para ter uma maior compreensão das suas consequências (KHALIL, 2012).

Além do mais, as apresentações visuais animadas das simulações oferecem benefícios como: um fórum de comunicação para validar o modelo e compreender a operação de atividades redesenhadas, e ainda seu papel no desempenho geral do processo para a equipe; pode ser empregada para treinar a equipe em uma nova operação, fornecendo uma visão geral do comportamento do processo (GREASLEY, 2003).

Law e Kelton (1991) destacam que a simulação pode ser classificada em simulação de eventos discretos e simulação contínua. De acordo com os referidos autores a simulação de eventos discretos se trata da modelagem de um sistema conforme a sua evolução ao longo do tempo por uma representação em que as variáveis de estado se alteram instantaneamente em pontos separados no tempo. Ao passo que, a simulação contínua concerne à modelagem, ao longo do tempo, de um sistema por uma representação em que as variáveis de estado se alteram continuamente em relação ao tempo.

A simulação de sistemas pode proporcionar melhorias consideráveis em indústrias ao identificar gargalos na cadeia logística ou ao subsidiar decisões de investimento em novas tecnologias para a produção (KOŠTURIK; GREGOR, 1999). Dessa forma, ao se desejar realizar mudanças nos processos de produção, a melhor forma de visualizar como funcionará é através da modelagem dos processos e simular situações que podem incorrer com essa transformação sem a necessidade de correr risco de uma implementação que envolve gastos e a possibilidade de não ser efetiva (ESTEVES, 2009).

Assim como na pesquisa de Sulistio e Hidayah (2017), na qual utilizou-se o método de simulação de sistema discreto para entender qual a melhor alternativa que

proporcionasse um aumento de produtividade na empresa estudada. Logo, o cenário escolhido foi a adição da capacidade em máquinas de coloração e secagem. Vale evidenciar o trabalho de Giel e Plewa (2017), no qual realizaram uma análise do impacto de mudanças no tamanho do fluxo de resíduos no processo de separação manual destes, sobre o valor dos indicadores utilizados, através de um modelo de simulação desenvolvido no software Flexsim. Isto posto, foi possível identificar deficiências no sistema e fornecer orientações para melhorias.

Por fim, em uma investigação concebida por De Oliveira *et al.* (2017) em que foi lançado mão da simulação, os autores obtiveram resultados que destacaram melhorias como a redução dos custos de mão de obra, equipamentos, manutenção, entre outros, e o melhor aproveitamento dos recursos existentes no cenário atual da central de triagem estudada.

### **3 METODOLOGIA**

A abordagem metodológica aplicada para se alcançar os objetivos deste trabalho é a pesquisa quali-quantitativa, a qual segundo Schneider, Fujii e Corazza (2017) possibilita uma análise estrutural de um fenômeno com métodos quantitativos e uma análise de processos a partir de métodos qualitativos. Assim, esse tipo de pesquisa permite uma dinamicidade e uma complementação da análise qualitativa com a quantitativa (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2011).

Destarte, o estudo possui como objetivo metodológico realizar uma pesquisa exploratória, a qual envolve um levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso (GIL, 2007). Dessa forma, também se classifica como uma pesquisa experimental, que se trata na determinação de um objeto de estudo, das variáveis que podem influenciá-lo, das formas de controle e da observação das consequências que a variável provoca no objeto (GIL, 2002). Logo, tem como objetivo compreender as relações de causa e efeito ao excluir informações conflitantes das evidências realizadas (FONSECA, 2002).

Isto posto, o estudo também contempla o desenvolvimento de um modelo de simulação a partir do software Flexsim, o qual foram seguidas as etapas a serem descritas posteriormente. Dessa forma, para a modelagem 3D do ambiente da cooperativa foram utilizados os softwares Scketchup e AutoCAD. E ainda, para a representação dos processos, desenvolveu-se um fluxograma a partir do software Bizagi.

### 3.1 Descrição da organização

A organização em estudo se trata de uma cooperativa de triagem de resíduos sólidos localizada em Goiânia (GO), a qual pertence a uma rede de cooperativas. De acordo com a presidente desta cooperativa, esta possui problemas organizacionais e produtivos que afetam a produtividade, tal como a desorganização dos processos e o não entendimento do quanto de recursos humanos e produtivos devem ser alocados e organizados para um fluxo mais balanceado e eficiente. Além disso, foi relatado que há uma dúvida acerca da necessidade ou não de estender a esteira atualmente utilizada.

Em março de 2022, a cooperativa possuía um total de 26 pessoas alocadas no seu quadro de cooperados. O seu funcionamento compreendia as segundas-feiras até às sextas-feiras, das 07h às 17h. Em relação ao maquinário, possuíam uma esteira, uma prensa e uma empilhadeira. Os materiais comercializados para a reciclagem são denominados como: Alumínio, Compostos de PVC, Jornal, Raio-X, Vidro, PET (Cristal, Óleo e Verde), Balde-Bacia, Garrafinha, Cadeira Plástica, Caixa Plástica Vazada (Engradado), Material Fino, Sucata, Papel Branco, Papel Misto, Plástico (Misto, Branco e Preto), Papelão e Embalagem Cartonada.

A organização recebe em torno de 15 caminhões por semana com aproximadamente duas toneladas de resíduos, sendo 30% de rejeitos, materiais que não são recicláveis. Os materiais a serem triados são oferecidos pela prefeitura ou por condomínios residenciais. Algumas fotos da cooperativa podem ser visualizadas nas Figuras 1 e 2.

**Figura 1** - Cooperados operando na esteira



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 2** - Prensa utilizada na cooperativa



Fonte: Elaborado pelo autor.

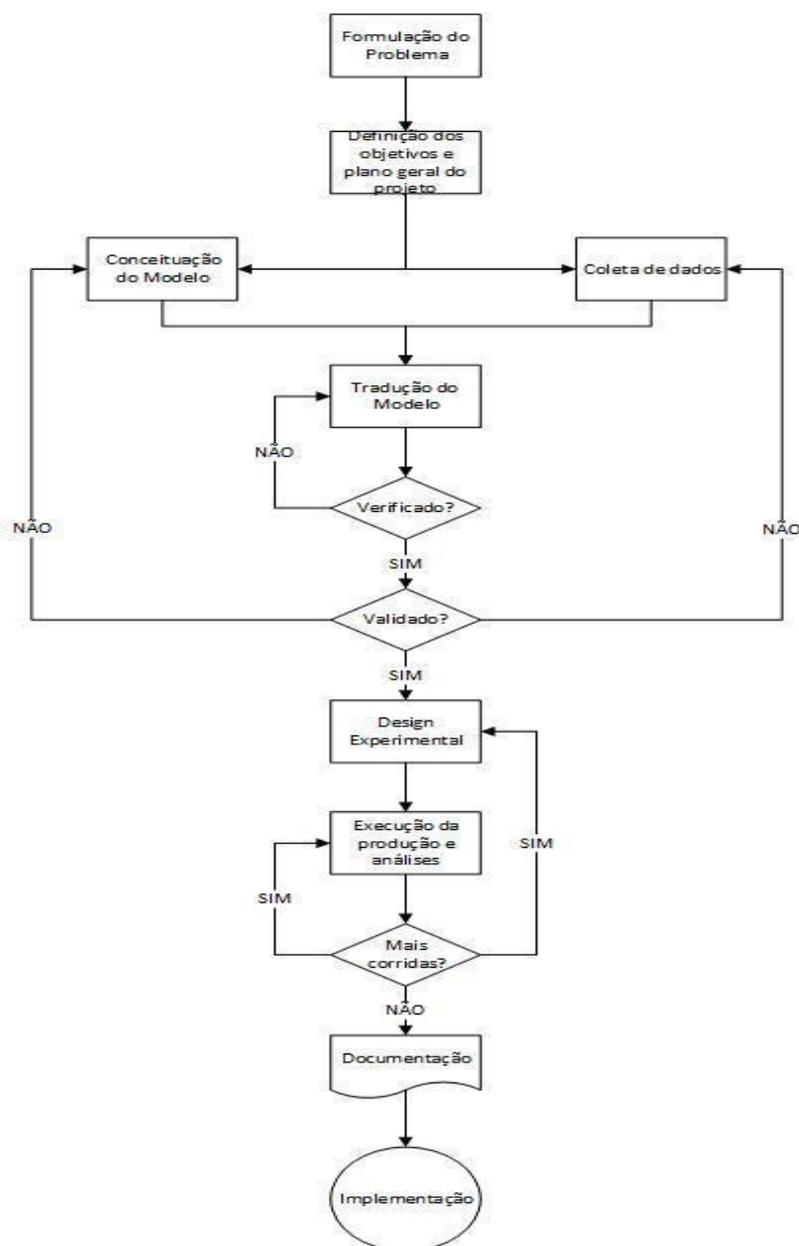
### **3.2 Metodologia da simulação**

Para Banks *et al.* (2005) a simulação compreende a formação de uma história artificial da realidade. A partir dessa história artificial, são realizadas observações e inferências nas características das operações do sistema real reproduzido. Assim, os autores expõem as etapas necessárias para o estudo da simulação, as quais foram seguidas nesta pesquisa, e que estão representadas na Figura 3, sendo elas:

1. Formulação do problema: Declaração do problema, o qual deve estar sendo descrito de forma clara.
2. Definição de objetivos e plano geral do projeto: Os objetivos devem indicar quais perguntas serão respondidas pela simulação. O plano geral do projeto deve conter uma declaração dos sistemas alternativos, o método para avaliar a eficácia, os planos para o estudo (número de pessoas envolvidas, o custo do estudo e o número de dias para a realização de cada fase e os resultados esperados de cada fase).
3. Conceituação do modelo: Determinar as características fundamentais do problema, escolhendo e modificando as suposições básicas que caracterizam o sistema e, assim, enriquecer e elaborar o modelo até que se torne uma aproximação útil.
4. Coleta de dados: Os objetivos do estudo indicam o tipo de dados a serem coletados.
5. Tradução do modelo: Inserção do modelo em um formato reconhecível por um computador.

6. Verificado?: Responder a pergunta “O programa de computador está funcionando corretamente?”.
7. Validado?: A validação é alcançada através da calibração do modelo, um processo iterativo para comparar o modelo com o comportamento real do sistema, para assim usar as divergências entre ambos e identificar melhorias no modelo. Este processo é realizado até que a precisão do modelo seja considerada aceitável.
8. Projeto experimental: As alternativas a serem simuladas são determinadas nessa etapa. Para cada alternativa de sistema simulado, é necessário definir a duração do período de inicialização, a duração das execuções de simulação e o número de replicações a serem feitas em cada execução.
9. Execuções e análises de produção: As execuções de produção e suas análises devem ser utilizadas para presumir medidas de desempenho para as alternativas de sistema que estão sendo simuladas.
10. Mais corridas?: A partir da análise das execuções que foram concluídas, o pesquisador determina se são necessárias mais execuções e qual formato devem seguir.
11. Documentação e relatórios: Desenvolver relatórios para fornecer uma cronologia do trabalho realizado e das decisões tomadas. Tem-se como sugestão a elaboração de relatórios frequentes e manter um registro do projeto para se ter conhecimento de comportamentos, solicitações de mudança, decisões-chave e outros itens de importância. Os resultados de todas as análises devem ser descritos de forma clara em um relatório final.
12. Implementação: Implementação da simulação, sendo esta dependente de quão bem as onze etapas anteriores foram executadas para ser bem-sucedida.

**Figura 3 - Etapas em um estudo de simulação**



Fonte: Adaptado de Banks *et al.* (2005)

### 3.3 Coleta dos dados

A coleta dos dados foi realizada a partir de quatro visitas na cooperativa. A primeira visita foi embasada por uma conversa inicial com a presidente da organização, buscando entender como é o funcionamento desta e quais os processos e materiais que são processados. Além disso, foi observado o desenvolvimento das atividades e coletado o histórico de faturamento e volume de vendas do ano de 2020, e a planta baixa do espaço físico.

Em uma segunda visita, foram mensuradas algumas medidas do espaço físico interno e externo, e dos maquinários por meio de uma trena, para o desenvolvimento

da modelagem 3D e da representação do layout na planta baixa. Na terceira e quarta visitas foram realizadas a cronometragem dos tempos das atividades de um operador de cada dupla que opera a esteira. Posteriormente, também foi coletado a capacidade que o operador consegue apreender de cada tipo de material. Em todas as visitas algumas imagens e vídeos foram capturados para suportar as análises.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na visita inicial após entender os processos e a organização destes na planta, foi desenvolvido um fluxograma dos processos no software Bizagi, disposto no Apêndice A. O processo de separação dos resíduos sólidos conta com os seguintes processos principais: Descarga, Pré-Triagem, Primeira Triagem, Segunda Triagem, Prensagem, Trituragem de Papel e Alocação no Estoque. Vale ressaltar, que cada tipo de material possui uma sequência de processamento, as quais podem ser verificadas no Apêndice B.

A Descarga se refere ao ato de descarregar do caminhão todos os resíduos disponibilizados e alocá-los na estrutura de alimentação da esteira. A Pré-Triagem contempla a ação de retirar os materiais que não devem passar pela esteira, tal como o Papelão e o Material Fino. A Primeira Triagem é composta pela separação menos refinada dos resíduos, sendo realizada por oito cooperados com o suporte de uma esteira. Assim, os materiais são colocados em recipientes e big bags para serem deslocados para as próximas etapas do processo.

A Segunda Triagem se trata da separação mais refinada de alguns materiais advindos da Primeira Triagem, tal como o PET e a embalagem cartonada. A Prensagem se relaciona com a compactação de materiais que possuem um valor agregado mais alto quando dispostos em fardos, tal como o papelão e o plástico (misto, branco e preto). A Trituragem do Papel só ocorre em casos específicos, nos quais é requisitado pelos fornecedores deste material. Por fim, se tem a Alocação no Estoque, na qual os fardos ou big bags, com os materiais devidamente separados, são dispostos em seus respectivos estoques.

Em uma segunda visita foram coletadas as dimensões e disposições dos maquinários e estoques para a representação do layout na planta baixa, a qual pode ser visualizada na Figura 4. E ainda, foi executado um levantamento de algumas medidas do espaço físico interno e externo para a modelagem 3D, disposto nas Figuras 5 e 6.



operação foi escolhida para ser estudada, buscando entender qual a quantidade ideal de cooperados nesse processo para se ter um maior balanceamento das cargas e uma maior produtividade através da simulação. Atualmente, os oito cooperados alocados na esteira são distribuídos em quatro duplas, as quais cada uma é responsável por triar uma das famílias de materiais. As duplas 1, 2, 3 e 4 são responsáveis, respectivamente, pelas Famílias A, B, C e D.

Portanto, com o objetivo definido, na terceira e quarta visitas foram coletados os tempos para cada ação de um operador de cada dupla triando cada tipo de material. Sendo assim, o cooperado realiza os seguintes passos: se posiciona frente à esteira, procura o material alvo, pega o material alvo, rotaciona o corpo para trás, posiciona o material no bag, ajusta o material no bag e rotaciona o corpo para frente. O tempo padrão resultante pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Tempo Padrão para cada tipo de material

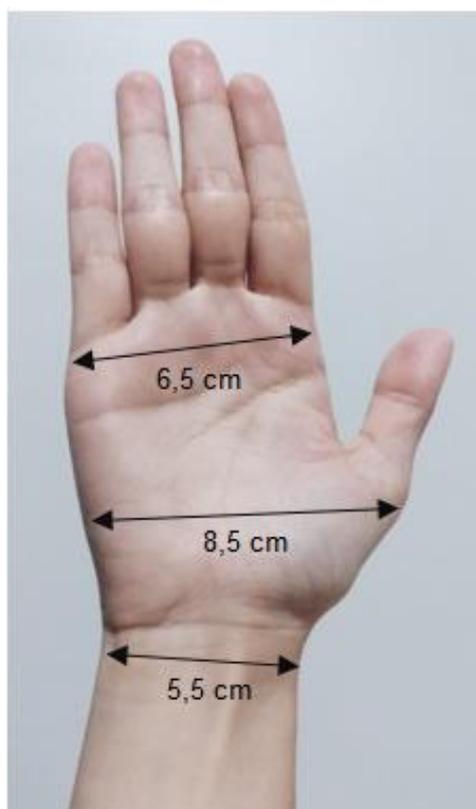
ID	Material	Tempo Padrão (s)
1	PET (Verde, Óleo, Branco)	4
2	Balde-Bacia	5
3	Garrafinha	5
4	Embalagem Cartonada	5
5	Plástico Misto	9
6	Plástico Branco	9
7	Plástico Preto	9
8	Papel Branco	5
9	Papel Misto	5
10	Jornal	5
11	Vidro (Colorido, Branco)	8
12	Alumínio	6
13	Raio-X	6
14	Compostos de PVC	6

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Entretanto, para uma análise mais assertiva foi avaliado a capacidade da pega da mão dominante do operador em estudo, em virtude de que os materiais podem influenciar no tempo da operação, dado que um material pode ter uma maior massa e um maior volume, dificultando a sua apreensão quando comparado com um material mais leve e com menores dimensões. As medidas da mão do operador podem ser conferidas na Figura 7. Desta maneira, aferiu-se a massa máxima, mínima e a que

mais se repete para cada tipo de material que o operador consegue pegar, esses valores podem ser visualizados na Tabela 2.

**Figura 7** - Medidas da mão dominante do operador em estudo



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Tabela 2** – Capacidade da pega de um operador (continua)

ID	Material	Mínimo (kg)	Moda (kg)	Máximo (kg)
1	PET (Verde, Óleo, Branco)	0,051	0,051	0,102
2	Balde-Bacia	0,020	0,020	0,040
3	Garrafinha	0,157	0,157	0,157
4	Embalagem Cartonada	0,038	0,038	0,038
5	Plástico Misto	0,008	0,024	0,026
6	Plástico Branco	0,023	0,069	0,091
7	Plástico Preto	0,006	0,018	0,057
8	Papel Branco	0,006	0,012	1,006
9	Papel Misto	0,126	0,178	0,354
10	Jornal	0,100	0,200	0,200
11	Vidro (Colorido, Branco)	0,247	0,494	0,741
12	Alumínio	0,014	0,029	0,043

13	Raio-X	0,018	0,036	0,072
14	Compostos de PVC	0,184	0,184	0,500

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Desse modo, percebe-se que o Papel Branco e o Vidro (Colorido, Branco) na capacidade máxima do operador possuem uma maior massa. Contudo, é importante avaliar que o Papel para esse valor, permite um maior número de unidades a serem apreendidas, ao passo que o vidro por ser um material mais denso, abrange menos unidades.

Isto posto, a partir desses valores, foi calculado o tempo padrão para triar 1kg de um determinado material. Logo, o tempo de processamento irá variar de acordo com a capacidade de pega do operador, podendo demorar mais ou menos de acordo com o máximo que o operador é capaz de pegar. Na Tabela 3, tem-se os tempos de processamento resultantes.

**Tabela 3 – Tempo de Processamento**

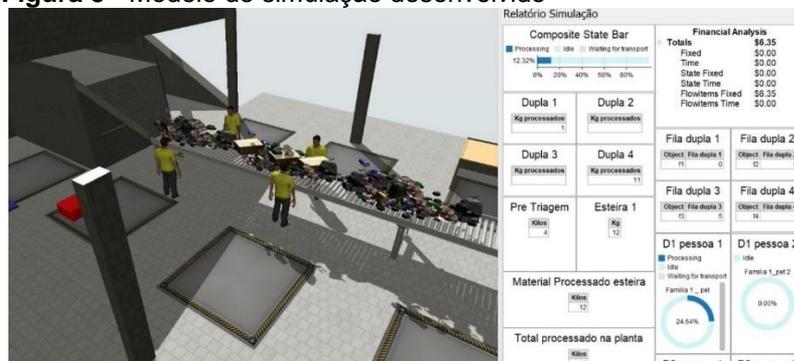
ID	Material	Máximo (s/kg)	Moda (s/kg)	Mínimo (s/kg)
1	PET (Verde, Óleo, Branco)	78,43	78,43	39,22
2	Balde-Bacia	250,00	250,00	125,00
3	Garrafinha	31,85	31,85	31,85
4	Embalagem Cartonada	131,58	131,58	131,58
5	Plástico Misto	1125,00	375,00	346,15
6	Plástico Branco	391,30	130,43	98,90
7	Plástico Preto	1500,00	500,00	157,89
8	Papel Branco	833,33	416,67	4,97
9	Papel Misto	39,68	28,09	14,12
10	Jornal	50,00	25,00	25,00
11	Vidro (Colorido, Branco)	32,39	16,19	10,80
12	Alumínio	428,57	206,90	139,53
13	Raio-X	333,33	166,67	83,33
14	Compostos de PVC	32,61	32,61	12,00

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Com base nos dados levantados, começou-se a tradução do modelo para o simulador. O modelo foi executado para 8 horas diárias de trabalho, 1 hora foi desconsiderada para abranger as necessidades fisiológicas e físicas dos cooperados. O tempo de processamento de cada operador por material foi baseado em uma

distribuição triangular a partir dos valores da Tabela 3. Na Figura 8, pode-se visualizar o modelo desenvolvido.

**Figura 8 - Modelo de simulação desenvolvido**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo foi elaborado criando todos os tipos de materiais, os que não compõem a Primeira Triagem foram direcionados para uma fila. As quantidades desses materiais foram adotadas se baseando na porcentagem das quantidades do histórico vendido do ano de 2020. Por conseguinte, foi executado para cada mês e os resultados da porcentagem de ocupação de cada dupla podem ser vistos na Tabela 4. Assim, se percebe que as duplas 2 e 3 estão com uma carga de trabalho muito grande em todos os meses, ao passo que as duplas 1 e 4 permanecem a maior parte do tempo ociosas.

**Tabela 4 – Porcentagem de ocupação das duplas**

Mês	Porcentagem de Ocupação			
	Dupla 1	Dupla 2	Dupla 3	Dupla 4
jan/20	25%	98,80%	99,88%	34,69%
fev/20	13%	96,95%	99,80%	29,62%
mar/20	9%	99,01%	99,94%	32,38%
abr/20	27%	99,66%	98,50%	31,21%
mai/20	12%	98,92%	99,73%	41,30%
jun/20	24%	99,41%	99,70%	13,01%
jul/20	6%	97,97%	26,23%	25,75%
ago/20	0%	90,40%	99,43%	25,64%
set/20	30%	99,81%	98,94%	33,36%
out/20	20%	99,55%	99,87%	31,39%
nov/20	23%	99,62%	99,25%	23,53%
dez/20	15%	99,59%	98,94%	21,32%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo, almejando o balanceamento dessas cargas se faz necessário avaliar cenários redistribuindo os operadores que realizam esse processo, buscando minimizar a porcentagem de ocupação das duplas 2 e 3. No entanto, também foi considerado um acréscimo de cooperados nesse processo, para suportar as duplas citadas e verificar os ganhos. Assim, na Tabela 5 conseguimos observar a quantidade de cooperados empregados em cada cenário desenvolvido.

**Tabela 5** – Quantidade de cooperados por cenário

Cenário	Dupla 1		Dupla 2		Dupla 3		Dupla 4		Total de Cooperados na Esteira
	Operador		Operador		Operador		Operador		
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Cenário Atual	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Cenário 1	1	1	1	1	2	2	1	1	10
Cenário 2	1	1	2	2	2	2	1	1	12
Cenário 3	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Cenário 4	1	1	2	2	1	1	2	2	12
Cenário 5	1	1	2	2	1	2	1	2	12
Cenário 6	1	1	2	2	3	3	2	2	16
Cenário 7	1	1	3	3	3	3	2	2	18
Cenário 8	1	1	3	3	3	3	1	1	16
Cenário 9	1	1	1	1	4	4	1	1	14
Cenário 10	1	1	1	1	6	6	1	1	18
Cenário 11	1	1	1	1	6	1	1	1	13
Cenário 12	1	1	1	1	3	3	1	1	12
Cenário 13	1	1	1	1	1	3	1	1	10
Cenário 14	1	1	1	1	4	2	1	1	12
Cenário 15	1	1	3	3	1	1	3	1	14
Cenário 16	1	3	1	3	2	1	3	1	15
Cenário 17	0	1	1	1	2	1	1	1	8
Cenário 18	0	1	1	1	2	2	1	0	8

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Diante disso, a partir da função Experimentar esses cenários foram executados. Entretanto, como os valores de vendas de cada material possui uma grande variabilidade ao longo dos meses, os cenários foram desenvolvidos a partir das porcentagens de entrada do mês de janeiro, por se tratar do mesmo mês o qual foram

coletados os tempos das operações. A análise dos ganhos foi fundamentada com base no faturamento mensal e na renda mensal de cada cooperado, os resultados estão expostos na Tabela 7. Vale ressaltar que o faturamento foi calculado a partir dos preços destacados na Tabela 6 para todos os materiais comercializados pela cooperativa.

**Tabela 6** – Preços dos materiais comercializados

ID	Material	Preço (R\$/kg)
1	PET (Verde, Óleo, Branco)	3,00
2	Balde-Bacia	2,30
3	Garrafinha	3,50
4	Embalagem Cartonada	0,20
5	Plástico Misto	1,40
6	Plástico Branco	2,40
7	Plástico Preto	1,10
8	Papel Branco	0,50
9	Papel Misto	0,15
10	Jornal	2,00
11	Vidro (Colorido, Branco)	0,08
12	Alumínio	8,00
13	Raio-X	4,00
14	Compostos de PVC	1,80
15	Cadeira	2,40
16	Engradado	3,50
17	Sucata	0,80
18	Material Fino	38,00
19	Papelão	0,45

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 7** – Relação do faturamento mensal e a renda mensal por cooperado para cada cenário

Cenário	Faturamento Mensal (R\$)	Total de Cooperados	Renda Mensal (R\$) /cooperado
Cenário Atual	R\$ 22.180,00	26	R\$ 853.08
Cenário 1	R\$ 23.740,00	28	R\$ 847.86
Cenário 2	R\$ 24.480,00	30	R\$ 816.00
Cenário 3	R\$ 24.620,00	34	R\$ 724.12
Cenário 4	R\$ 22.720,00	30	R\$ 757.33
Cenário 5	R\$ 23.700,00	30	R\$ 790.00
Cenário 6	R\$ 26.320,00	34	R\$ 774.12
Cenário 7	R\$ 26.940,00	36	R\$ 748.33
Cenário 8	R\$ 25.900,00	34	R\$ 761.76
Cenário 9	R\$ 27.180,00	32	R\$ 849.38
Cenário 10	R\$ 27.540,00	36	R\$ 765.00
Cenário 11	R\$ 25.820,00	31	R\$ 832.90
Cenário 12	R\$ 25.040,00	30	R\$ 834.67
Cenário 13	R\$ 23.740,00	28	R\$ 847.86
Cenário 14	R\$ 25.040,00	30	R\$ 834.67
Cenário 15	R\$ 22.920,00	32	R\$ 716.25
Cenário 16	R\$ 23.500,00	33	R\$ 712.12
Cenário 17	R\$ 23.344,00	26	R\$ 897.85
Cenário 18	R\$ 24.020,00	26	R\$ 923.85

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim sendo, infere-se que ao aumentar o número de cooperados o faturamento também tem um crescimento, entretanto pelo rateio a renda mensal por cooperado não obtém uma melhora, mas sim um decréscimo, como pode ser visto nos cenários de 1 a 16. O cenário 16 apresentou o menor valor, tendo uma diminuição de 16,52% da renda mensal em comparação ao cenário atual.

Desse modo, nos cenários 17 e 18, nos quais há um remanejamento dos operadores na esteira, estes obtiveram maiores valores para o faturamento e renda mensal. O cenário 18 demonstrou o maior acréscimo, sendo este igual a 8,7% tanto no faturamento quanto na renda mensal ao contrapor com os valores atuais.

Vale destacar que essa porcentagem de crescimento encontrada pode representar muito para os cooperados, visto que são pessoas que se encontram em situação de vulnerabilidade social. Em conformidade com essa análise, foi então avaliado a porcentagem de ocupação no cenário 18 comparando com o cenário atual, os resultados podem ser vistos na Tabela 8.

**Tabela 8** – Porcentagem de ocupação das duplas no cenário atual e no melhor cenário encontrado

Cenário	Porcentagem de Ocupação			
	Dupla 1	Dupla 2	Dupla 3	Dupla 4
Cenário Atual	25,00%	98,80%	99,88%	34,69%
Cenário 18	55,55%	95,00%	99,68%	65,40%

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Logo, percebe-se que as duplas 2 e 3, as quais possuem uma alta carga de trabalho, apresentaram uma redução no percentual de ocupação, enquanto as duplas 1 e 4 obtiveram um acréscimo. Por consequência, esse cenário permite uma maior produtividade e um maior balanceamento das cargas, em razão de que se tem uma maior produção otimizando os recursos humanos já existentes. Assim, ao compreender que a quantidade de operadores nesse processo permaneceria a mesma, para o cenário escolhido, não há necessidade de se estender a esteira utilizada.

Ademais, tendo em vista as observações nas visitas e pelos resultados encontrados neste estudo, percebe-se que há um grande número de cooperados em atividades que não agregam tanto valor quanto a Pré-Triagem e a Primeira Triagem. Em detrimento disso, pressupõe-se que um cenário ainda melhor seja o remanejamento de cooperados de outras funções para a esteira, pois assim o rateio permaneceria o mesmo, mas a produtividade seria ainda maior. Porém, por esse

estudo abranger com profundidade apenas a Primeira Triagem, para firmar essa proposição o ideal seria realizar um estudo aprofundado dos demais processos da cooperativa.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em conclusão, o objetivo do estudo foi alcançado, uma vez que foi elaborada uma proposta de balanceamento do processo da Primeira Triagem na cooperativa em estudo por meio da simulação de sistemas. Com base nos resultados, percebeu-se que as duplas 2 e 3 possuem uma alta porcentagem de ocupação em suas atividades. E para tentar reverter essa conjuntura, foram executados no simulador 2 cenários realizando o remanejamento dos operadores que já executam esse processo. Mas também foram desenvolvidos mais 16 cenários que contava com um acréscimo de mão de obra na planta com o propósito de verificar os ganhos.

Para os cenários com aumento de operadores nesse processo, o faturamento obteve acréscimos, porém a renda mensal por cooperado decresceu, chegando a uma diminuição de 16,52% quando comparado a renda atual. Desse modo, nos cenários 17 e 18, nos quais há um remanejamento dos operadores na esteira, estes obtiveram maiores valores para o faturamento e renda mensal.

Por consequência, foi possível compreender que para ter um aumento da produtividade deve-se ter um remanejamento dos operadores no processo da Primeira Triagem. O cenário 18 apresentou um crescimento no faturamento e na renda mensal de 8,7%, se enquadrando como o melhor cenário proposto. Logo, o este cenário permitiu uma maior produtividade e um maior balanceamento das cargas, em razão de se ter diminuído a porcentagem de ocupação das duplas 2 e 3, sendo este o cenário proposto nesta obra para a cooperativa. Além disso, verificou-se que não há necessidade de estender a esteira utilizada no cenário indicado, em vista de que não se terá um aumento no número de operadores na esteira.

Essa pesquisa obteve limitações em decorrência da grande variabilidade e aleatoriedade do processo, e ainda por ter se restringido a poucos dados históricos de vendas, visto que com uma maior quantidade seria possível ter uma maior robustez nas análises efetuadas. Por fim, para estudos futuros recomenda-se investigar os demais processos da cooperativa para confirmar o cenário proposto neste trabalho e poder ter sua aplicação na cooperativa.

## REFERÊNCIAS

- ALI NAQVI, S. A. *et al.* Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. **Cogent Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1207296, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1207296>
- ANDRADE, M. C.; ALVES, D. C. Cooperativismo e Agricultura Familiar: um estudo de caso. **Revista de Administração IMED**, v. 3, n. 3, p. 194-208, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18256/2237-7956/raimed.v3n3p194-208>
- BANKS, J. *et al.* **Discrete-event Simulation**. 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2010. p. 21.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4000/terrabrazilis.1035>
- BRASIL. Lei Federal n.º 5.764, de 16 de dezembro de 1971. Define a política nacional de cooperativismo, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1971. DOI: <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01505>
- CHEN, J. C. *et al.* Productivity improvement with lean production in glove manufacturing industry. **Key Engineering Materials**. Trans Tech Publications Ltd, 2011. p. 247-250. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.450.247>
- OLIVEIRA, K. N. *et al.* Simulação em processo de triagem de materiais recicláveis. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 6, n. 1, p. 93-108, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22567/rep.v6i1.378>
- ESTEVES, J. G. S. *et al.* **Simulação de sistemas de produção industriais**. 2009.
- FIDELIS, R.; COLMENERO, J. C. Evaluating the performance of recycling cooperatives in their operational activities in the recycling chain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 130, p. 152-163, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.002>
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- GIEL, R.; PLEWA, M. Analysis of the Impact of Changes in the Size of the Waste Stream on the Process of Manual Sorting of Waste. *In*: INFORMATION SYSTEMS ARCHITECTURE AND TECHNOLOGY: PROCEEDINGS OF 37TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS ARCHITECTURE AND TECHNOLOGY–ISAT 2016–PART III. Springer, Cham, 2017. p. 127-136. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46589-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46589-0_10)
- GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA. 2008

GREASLEY, A. Using business-process simulation within a business-process reengineering approach. **Business Process Management Journal**, v. 9, n. 4, p. 408-420, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1108/14637150310484481>

IPEA. **A organização coletiva de catadores de material reciclável no brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária**. Brasília: Ipea, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1336>

JURISON, J. Reevaluating Productivity Measures. **Information Systems Management**, 14:1, 30-34, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/10580539708907027>

KHALIL, R.F. **O uso da tecnologia de simulação na prática docente do ensino superior**. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 16., Anais [...], Campinas, UNICAMP, 2012. DOI: <https://doi.org/10.13102/semic.v0i23.6703>

KROOK, J.; EKLUND, M. The strategic role of recycling centres for environmental performance of waste management systems. **Applied ergonomics**, v. 41, n. 3, p. 362-367, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.06.012>

KOŠTURIÁK, J.; GREGOR, M. Simulation in production system life cycle. **Computers in industry**, v. 38, n. 2, p. 159-172, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0166-3615\(98\)00116-x](https://doi.org/10.1016/s0166-3615(98)00116-x)

KUMAR, N.; MAHTO, D. Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. **Global Journal of Research In Engineering**, 2013.

LAU, K. H.; WANG, Y. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/13598540910995228>

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling & Analysis**. 2. ed. New York: McGraw-Hill Books, 1991

MAGNI, A. A. C.; GÜNTHER, W. M. R. Cooperatives of waste pickers as an alternative to social exclusion and its relationship with the homeless population. **Saúde e Sociedade**, v. 23, p. 146-156, 2014.

MARTINHAGO, Makelly Wickert; GOMES, Andréa Silva; LUCENA, Emerson Antônio Rocha Melo. A reciclagem e os aspectos socioeconômicos dos catadores de resíduos sólidos do aterro sanitário de Ilhéus, Bahia. **Informe Gepec**, v. 18, n. 2, p. 37-50, 2014. DOI: <https://doi.org/10.48075/igepec.v18i2.7319>

MOTTA, V. P. **Dinâmicas de cooperação e a sustentabilidade das redes de cooperativas de catadores de materiais recicláveis: estudo de casos múltiplos**. 2017. DOI: <https://doi.org/10.31414/adm.2017.d.130412>

MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Editora Vozes Limitada, 2011.

MORSHED, M. N.; PALASH, K. S. Assembly line balancing to improve productivity using work sharing method in apparel industry. **Global Journal of Research In Engineering**, 2014.

NASCIUTTI, J. C. R. Participação comunitária para uma melhor qualidade de vida, Documenta EICOS, **Programa EICOS, Instituto de Psicologia, UFRJ**, Rio de Janeiro v. 8, n.11, 2000.

OLIVEIRA, I. M. D. xx Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção. **Exacta**, v. 15, n. 1, p. 101-110, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v15n1.6697>

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**. Operações industriais e de serviços. UNICENP, p. 201-202, 2007.

SANTIAGO, C. D. *et al.* Aplicação da observação participante no Diagnóstico socioambiental da Coopervida–cooperativa de reciclagem de São Carlos/SP. *In*: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE SOCIOLOGÍA. 2013.

SANTOS, R. A.; DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G. Cooperativas de reciclagem: Problemáticas e desafios para o desenvolvimento sustentável. **Revista espacios**, v. 39, 2018.

SCHNEIDER, E. M.; FUJII, R. A. X.; CORAZZA, M. J. Pesquisas quali-quantitativas: contribuições para a pesquisa em ensino de ciências. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 569-584, 2017.

SENAES. **Atlas da Economia Solidária no Brasil**. Brasília: MTE, SENAES, 2006.

SEVERINO, M. R.; EID, F.; CHIARIELLO, C. L. Organização do trabalho na economia solidária-desafios e limites na construção de modelo alternativo ao taylorismo. **Revista da Geografia do Trabalho**, v. 14, n. 2, 2013. DOI: <https://doi.org/10.33026/peg.v14i2.2551>

SULISTIO, J.; HIDAYAH, N. A. Discrete-event system simulation on small and medium enterprises productivity improvement. *In*: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING. 2017. p. 012067.

SUMANTH, D. J. Total productivity management (TPmgt): a systemic and quantitative approach to compete in quality, price and time. **CRC Press**, 1997.

TORTORELLA, G., *et al.* Productivity improvement in solid waste recycling centres through lean implementation aided by multi-criteria decision analysis. **Benchmarking: An International Journal**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1108/bij-01-2017-0013>

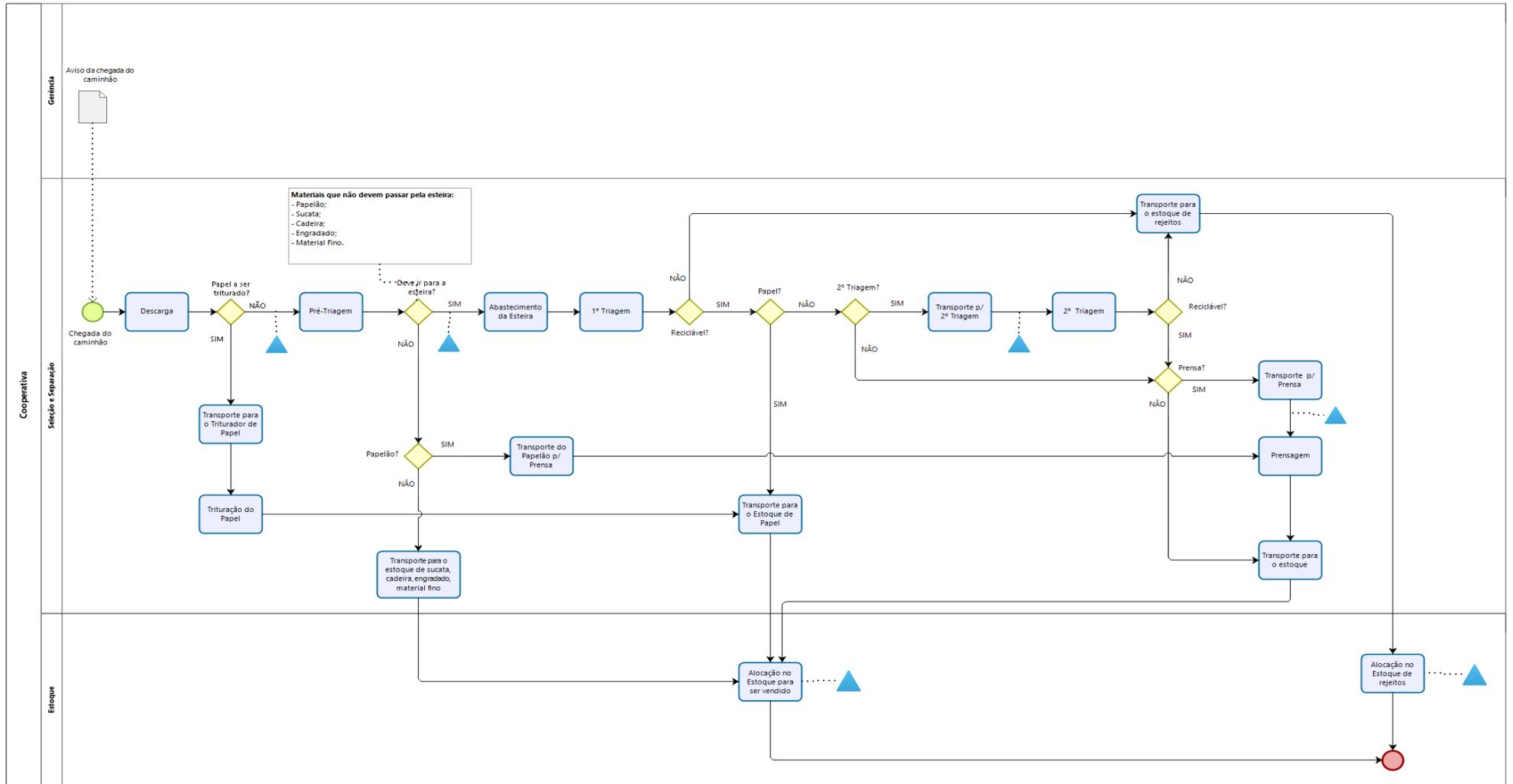
YEMANE, A. *et al.* Productivity improvement through line balancing by using simulation modeling. **Journal of Optimization in Industrial Engineering**, v. 13, n. 1, p. 153-165, 2020.

YUNUS, M.; MOINGEON, B; ORTEGA, L.; **Building social business models:lessons from the grameen experience**. Long Range Planning, v. 43, p. 308-325, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.12.005>



Artigo recebido em: 11/04/2022 e aceito para publicação em: 30/12/2022  
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i3.4616>

# APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS



## APÊNDICE B – QUADRO DA SEQUÊNCIA DE PROCESSAMENTO DOS MATERIAIS

Família Material	ID	Material	Descarga	Pré-Triagem	Abastecimento da Esteira	1º Triagem	2º Triagem	Triturador de Papel	Prensa	Estocagem Final
A	1	Pet (Cristal, Óleo e Verde)	X	X	X	X	X			X
	2	Balde-Bacia	X	X	X	X	X			X
	3	Garrafinha	X	X	X	X	X			X
	4	Tetra Pak	X	X	X	X	X		X	X
B	5	Plástico Misto	X	X	X	X			X	X
	6	Plástico Branco	X	X	X	X			X	X
	7	Plástico Preto	X	X	X	X			X	X
C	8	Papel Branco	X	X	X	X		X		X
	9	Papel Misto	X	X	X	X			X	X
	10	Jornal	X	X	X	X				X
D	11	Vidro	X	X	X	X				X
	12	Alumínio	X	X	X	X				X
	13	Raio-X	X	X	X	X				X
	14	Forro de Casa (PVC)	X	X	X	X				X
E	15	Cadeira	X	X						X
	16	Engradado	X	X						X
	17	Sucata	X	X						X
	18	Material Fino	X	X						X
	19	Papelão	X	X					X	X