57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

Modelagem e Análise de Cenários de Células Manuais de Tratamento de Encomendas via Simulação de Eventos Discretos

Maíra Silva Andrade, Jonathan Sampaio Barreto, Thiago Barros Murari
UNIVERSIDADE SENAI CIMATEC
Av. Orlando Gomes, 1845 - Piatã, Salvador – BA, 41650-010
maira.andrade@fieb.org.br, jonathan.barreto@fbest.org.br, thiago.murari@fieb.org.br

RESUMO

As células de tratamento manuais de encomendas são componentes essenciais nos centros logísticos, realizando a separação e organização de volumes de características especiais de forma a viabilizar o encaminhamento das encomendas para seus respectivos destinos. Nesse contexto, este artigo apresenta a aplicação de simulações computacionais em células de tratamento manual de encomendas, utilizando o software FlexSim e sua ferramenta Experimenter. Com base em um modelo simulado de um centro de tratamento de encomendas, foram testados cenários com diferentes parâmetros operacionais, modificando-se o número de operadores por célula e a quantidade de encomendas tratadas por CDL (Contêiner Desmontável Leve). Os resultados obtidos revelam diferenças significativas entre os cenários simulados, que, quando transpostos para ambientes reais, podem representar ganhos significativos em produtividade e redução do tempo ocioso dos operadores. Essas análises alinham-se às evidências teóricas que apontam a simulação como uma ferramenta eficaz para decisões logísticas.

PALAVRAS CHAVE: FlexSim. Experimenter. Simulação de Eventos Discretos. Intralogística.

Tópicos: Simulação; Logística e Transportes.

ABSTRACT

Manual parcel handling cells are essential components in logistics centers, performing the separation and organization of volumes with special characteristics in order to enable the forwarding of parcels to their respective destinations. In this context, this article presents the application of computational simulations in manual parcel handling cells, using the FlexSim software and its Experimenter tool. Based on a simulated model of a parcel handling center, scenarios with different operational parameters were tested, modifying the number of operators per cell and the number of parcels handled per CDL (Lightweight Demountable Container). The results obtained reveal significant differences between the simulated scenarios, which, when transposed to real environments, can represent significant gains in productivity and reduction of operator downtime. These analyses are in line with theoretical evidence that points to simulation as an effective tool for logistics decisions.

KEYWORDS: FlexSim. Experimenter. Discrete Event Simulation. Intralogistics

Paper topics: Simulation; Logistics and Transport.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

1. Introdução

A popularização do comércio eletrônico tem aumentado significativamente as demandas logísticas. Isso ocorre pois, diante de um mercado cada vez mais competitivo, cresce também a necessidade de entregas mais rápidas e eficientes, levando muitas empresas a investirem em tecnologias que contribuam para a melhoria contínua dos seus processos internos [Canipa et al., 2021]. Nesse contexto, centros de tratamento manual de encomendas se destacam como ambientes especialmente desafiadores, visto que lidam com alta variabilidade dos fluxos de trabalho, dependência de mão de obra e frequência de gargalos operacionais, afetando a eficiência da cadeia logística.

O fluxo de um centro de tratamento inicia-se pela chegada das encomendas em veículos de coleta, em que são descarregadas em áreas específicas e logo após passam por uma etapa de triagem. Nessa fase, elas são identificadas e direcionadas para as células de tratamento conforme características como peso, volume e destino. As células fazem a separação por região de entrega, normalmente agrupando os volumes em CDLs (Contêineres Desmontáveis Leves). Ao fim, os itens seguem para a área de expedição e, então, são distribuídos.

Considerando a complexidade desse tipo de operação e a necessidade de testar diferentes configurações sem causar impactos diretos no sistema real, a simulação de eventos discretos surge como uma ferramenta estratégica. Essa abordagem permite analisar cenários variados com segurança, apoiando decisões mais assertivas e com menor risco [Chwif e Medina, 2014]. Além disso, reduz custos com testes físicos e proporciona ganhos em agilidade [Chwif, 1999; Orozco-Crespo et al., 2019]. A simulação vem sendo cada vez mais utilizada na área logística justamente por permitir a representação de aspectos dinâmicos e aleatórios dos processos [Bateman et al., 2013], como variações no tempo de processamento e distribuição de tarefas entre operadores.

Entre os softwares disponíveis, o FlexSim se destaca por sua capacidade de modelagem 3D detalhada, facilmente aplicada para sistemas logísticos. Com ele, é possível representar visualmente o fluxo de materiais e pessoas, acompanhar ciclos de trabalho e analisar a interação entre operadores, equipamentos e recursos. Uma de suas funcionalidades mais relevantes é o Experimenter, que permite modelar e comparar cenários de forma automatizada, viabilizando ainda a coleta de dados de saída e suporte nas análises estatísticas [Pawlewski et al., 2019].

Diversos estudos demonstraram os benefícios do uso da modelagem e simulação computacional de eventos discretos na simulação de operações logísticas, apontando melhorias como aumento da produtividade, redução de deslocamentos desnecessários, melhor balanceamento de tarefas e uso dos recursos disponíveis [Enami et al., 2019; Morais et al., 2017; Zhu et al., 2014].

No presente artigo, é apresentado um estudo aplicado a uma célula de tratamento manual de encomendas, usando o Experimenter do FlexSim para avaliar diferentes configurações operacionais. As simulações consideram variáveis como o número de operadores por célula e o volume de encomendas por CDL, com base em indicadores como ocupação média dos operadores e número total de encomendas expedidas. Os resultados demonstram o potencial da simulação para apoiar decisões práticas e contribuir com ganhos relevantes de produtividade e eficiência em centros logísticos.

2. Metodologia

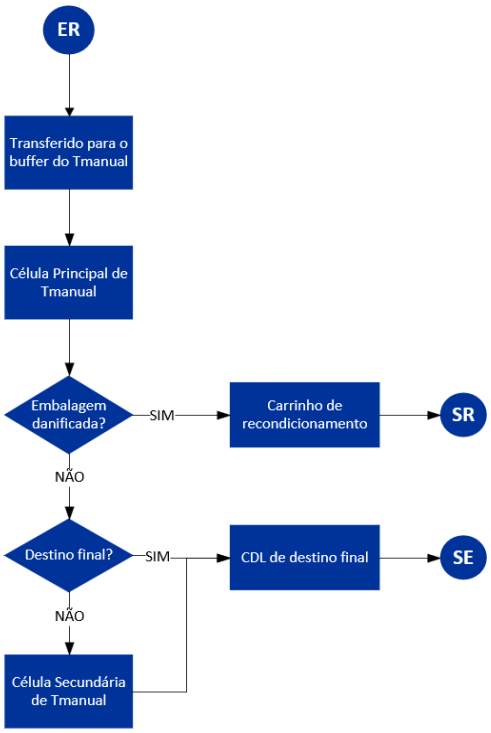
A metodologia adotada neste estudo baseia-se na simulação computacional de eventos discretos aplicada à análise de células de tratamento manual de encomendas em um centro logístico. O objetivo é testar diferentes cenários operacionais por meio da plataforma FlexSim 2024, utilizando sua ferramenta Experimenter para geração automatizada de experimentos e análise estatística dos dados coletados. O modelo construído foi inspirado em células reais utilizadas para triagem de volumes por região de destino, sendo adaptado a partir dos parâmetros operacionais encontrados e observações práticas do centro de tratamento de encomendas.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

O estudo foi estruturado em cinco etapas principais: (i) elaboração do modelo conceitual; (ii) construção do modelo simulado do centro de tratamento de encomendas; (iii) definição dos fatores e variáveis a serem testados no Experimenter; (iv) execução dos experimentos; e (v) análise estatística dos resultados.

2.1. Modelo conceitual

Figura 1 – Fluxograma do modelo conceitual do tratamento de encomendas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O modelo conceitual elaborado para a simulação foi estruturado a partir do fluxo operacional típico de um centro de tratamento manual de encomendas. Conforme ilustrado na Figura 1, o processo se inicia com a chegada dos volumes provenientes de uma entrada de recebimento (ER).

A partir do buffer, as encomendas são encaminhadas para a célula principal de tratamento manual. Nesta etapa, cada encomenda é avaliada quanto à integridade da sua embalagem, caso a embalagem apresente danos, o volume é imediatamente desviado para um carrinho de recondicionamento, a fim de ser reparado ou reembalado antes de prosseguir no fluxo.

Se a embalagem estiver em condições adequadas, a encomenda é então analisada para a definição do destino final. Quando o destino é identificado e validado, o volume é direcionado diretamente para o CDL correspondente, que representa o agrupamento final das cargas para expedição.

Por outro lado, caso o destino não possa ser determinado de imediato, a encomenda é encaminhada para a célula secundária de tratamento manual. Nesta nova célula, uma triagem complementar é realizada para garantir a correta identificação do destino.

Após serem devidamente triadas, todas as encomendas seguem para as áreas de expedição apropriadas, a saída de expedição (SE) para as encomendas com identificação definida do destino e a saída de recondicionamento (SR) para as embalagens danificadas, encerrando assim o ciclo logístico. Esta estrutura conceitual foi fundamental para a criação do modelo dinâmico no FlexSim,

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

servindo como base para a definição da lógica de movimentação dos operadores, das paleteiras e da alocação dos volumes entre as diferentes células e destinos.

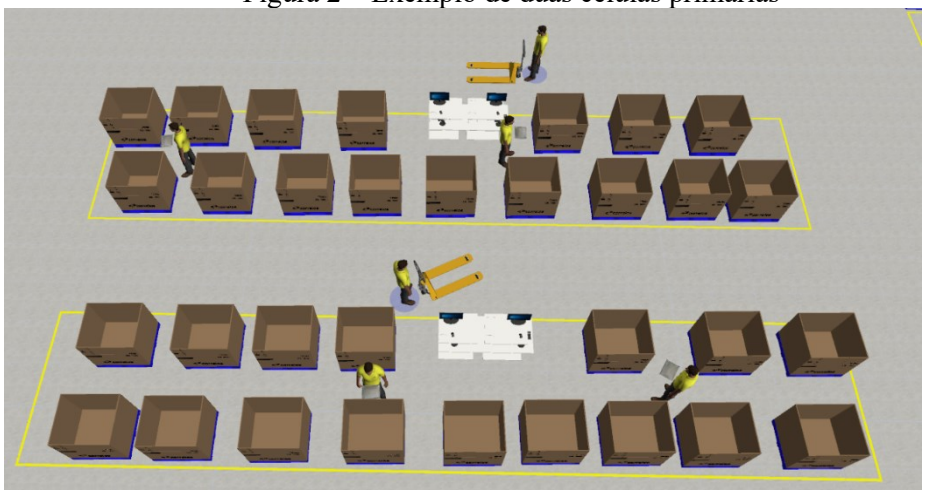
2.2. Modelo simulado

O cenário simulado construído representa uma área operacional típica de um centro de tratamento de encomendas, composta por diferentes setores que refletem a estrutura real observada em CTEs. O fluxo se inicia em um buffer primário, que simula o local de chegada das encomendas oriundas de veículos de coleta. A partir desse ponto, os volumes são distribuídos entre sete células primárias, incluindo 15 CDLs cada, responsáveis pela triagem inicial de grandes regiões. Em seguida, se houver a necessidade, as encomendas seguem para uma das seis células secundárias, onde são classificadas, geralmente por estados ou regiões.

Por fim, os volumes organizados são direcionados ao setor de expedição, onde são alocados nos respectivos destinos logísticos. Cada célula, tanto primária quanto secundária, opera com dois operadores, responsáveis pela movimentação manual das encomendas entre as filas e os pontos de triagem. Além disso, foram incluídos operadores com paleteiras, simulando a movimentação consolidada dos CDLs entre as células e a área de expedição. Esses operadores atuam de forma complementar, deslocando os volumes em trajetos otimizados, de acordo com o acúmulo das encomendas nos CDLs e os ciclos operacionais definidos na lógica do modelo.

Para o desenvolvimento do modelo de simulação no FlexSim, foram utilizados diversos recursos nativos da plataforma para representar com fidelidade o funcionamento de uma célula de triagem manual. As “Queues” foram utilizadas para representar as filas de entrada e de destino das encomendas, permitindo organizar e armazenar os volumes de maneira ordenada.

Figura 2 – Exemplo de duas células primárias



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Conforme ilustrado na Figura 2, os “Task Executers” foram empregados para modelar os operadores, simulando a movimentação entre as áreas de coleta e células de tratamento. As paleteiras foram representadas como recursos móveis utilizados para movimentação consolidada de volumes entre as células e o local da expedição, sendo acionadas automaticamente ao atingir determinados limites nas filas. Esses recursos foram definidos como “Resources”, controlados por lógica de alocação e liberação com os blocos “Acquire” e “Release”, garantindo exclusividade no uso.

A lógica operacional foi programada utilizando o Process Flow, ferramenta visual do FlexSim que permite definir, em fluxograma, a sequência de ações dos operadores e dos eventos do sistema. Para controle espacial, foram empregadas zonas, delimitando áreas da célula para monitoramento de tráfego e layout. Para a orientação das lógicas, foram utilizados “Decides” que

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

direcionam o operador para diferentes ações com base em regras como a região da encomenda e se há a necessidade do envio da encomenda para a célula secundária.

Essa combinação de recursos possibilitou a construção de um modelo flexível, podendo representar a dinâmica operacional do centro de tratamento manual de encomendas utilizado como referência para a observação das variáveis envolvidas.

A modelagem seguiu uma lógica operacional, onde o ambiente simulado é composto por uma entrada de encomendas constante, com estoque mínimo de 150 encomendas. Os operadores retiram as encomendas da área de entrada, levam para a célula para efetuar a inspeção, identificam sua origem e direcionam o volume ao CDL correspondente. Em seguida, os CDLs são transportados por meio de paleteiras até o local de preparação para a expedição final.

O tempo de execução do tratamento da encomenda foi modelado utilizando uma distribuição johnsonbounded (0.90, 62.86, 0.637, 0.33) segundos, representando principalmente a variabilidade natural do trabalho humano decorrente de fatores imprevisíveis como variações no tamanho e formato das encomendas, além de outras condições operacionais inerentes ao ambiente logístico. Essa distribuição estatística foi gerada por meio da análise das amostras de tempo coletadas in loco em uma célula de tratamento real.

2.3. Cenários avaliados

Para a realização dos testes, os parâmetros experimentais definidos foram o número de operadores por célula (com valores de 1, 2, 4 e 8) e o volume total de encomendas por CDL (com valores de 10, 20 e 50). A cada combinação de fatores foi atribuído um cenário específico, totalizando 12 configurações diferentes. Cada cenário foi executado por um período simulado de 168 horas (representando uma semana completa), replicado 5 vezes com um intervalo de confiança de 95%.

A escolha desses parâmetros justifica-se pela influência direta que o número de operadores e o volume de encomendas exercem sobre o desempenho das células manuais de tratamento de encomendas. O dimensionamento incorreto de recursos humanos ou a sobrecarga de volumes podem gerar impactos significativos no tempo de processamento, na ocupação dos trabalhadores e no fluxo de expedição. Assim, a análise desses fatores é fundamental para otimizar o balanceamento das atividades e maximizar a capacidade produtiva em centros de tratamento de encomendas.

A coleta dos dados foi realizada automaticamente pelo Experimenter, e os indicadores de desempenho observados incluíram: a quantidade de CDLs enviados para expedição, o tempo ocioso acumulado por operador e a quantidade de encomendas tratadas. Esses indicadores foram escolhidos com base na relevância para a avaliação da eficiência em células de triagem manual.

A análise estatística foi conduzida pela comparação de cenários, buscando identificar quais combinações de fatores geraram os melhores resultados em termos de eficiência operacional. A interpretação dos dados direcionou a atenção para padrões como o impacto do aumento de operadores, o aumento da capacidade produtiva e a redução do tempo ocioso, visando fornecer insights nas tomadas de decisão e no planejamento operacional de centros de tratamento manual de encomendas.

3. Resultados e discussões

Os resultados apresentados foram obtidos a partir da execução dos cenários simulados utilizando a ferramenta Experimenter do FlexSim. Essa plataforma permitiu a realização de múltiplas combinações de parâmetros operacionais, com coleta automática dos principais indicadores de desempenho definidos no estudo.

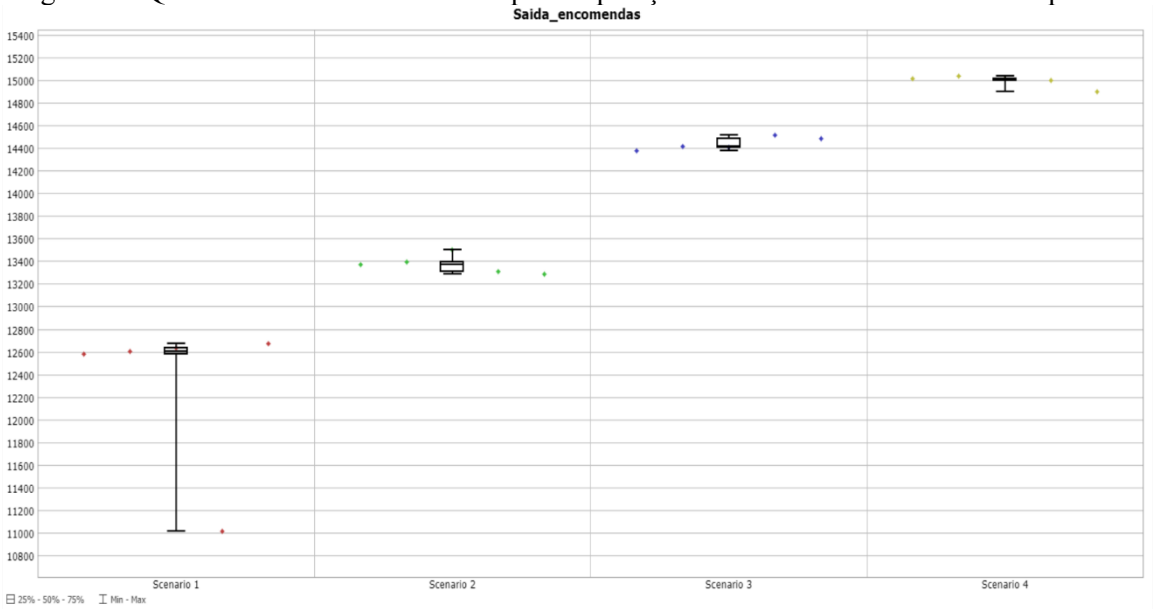
Para fins de organização e análise dos dados, a apresentação dos resultados dos cenários simulados segue uma estrutura fixa em relação ao número de operadores por célula. Em cada grupo de testes, o primeiro cenário refere-se à simulação com 1 operador por célula, o segundo cenário

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

corresponde à configuração com 2 operadores por célula, o terceiro cenário considera 4 operadores por célula e o quarto cenário representa a situação com 8 operadores por célula. Essa padronização na disposição dos cenários visa facilitar a comparação direta dos impactos causados pela variação do efetivo de operadores sobre os indicadores de desempenho analisados.

Como pode ser observado na Figura 3, nos cenários com 10 encomendas por CDL a quantidade expedida foi alta, onde houve um aumento de 17,85% entre os cenários extremos. O número total de encomendas tratadas foi relativamente baixo devido ao pequeno volume processado, mas que aumentou conforme o incremento da quantidade de operadores, atingindo um total de 149.430 encomendas tratadas.

Figura 3 – Quantidade de CDLs enviados para expedição considerando 10 encomendas por CDL



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Como se evidencia na Tabela 1, conforme o número de operadores aumentava, a ocupação média diminuía, uma vez que a quantidade de operadores era mais que o suficiente para tratar as encomendas disponíveis. Essa configuração demonstra que, para volumes baixos, o aumento do número de operadores pode reduzir a eficiência do trabalho.

Tabela 1 - Ocupação média dos operadores considerando 10 encomendas por CDL

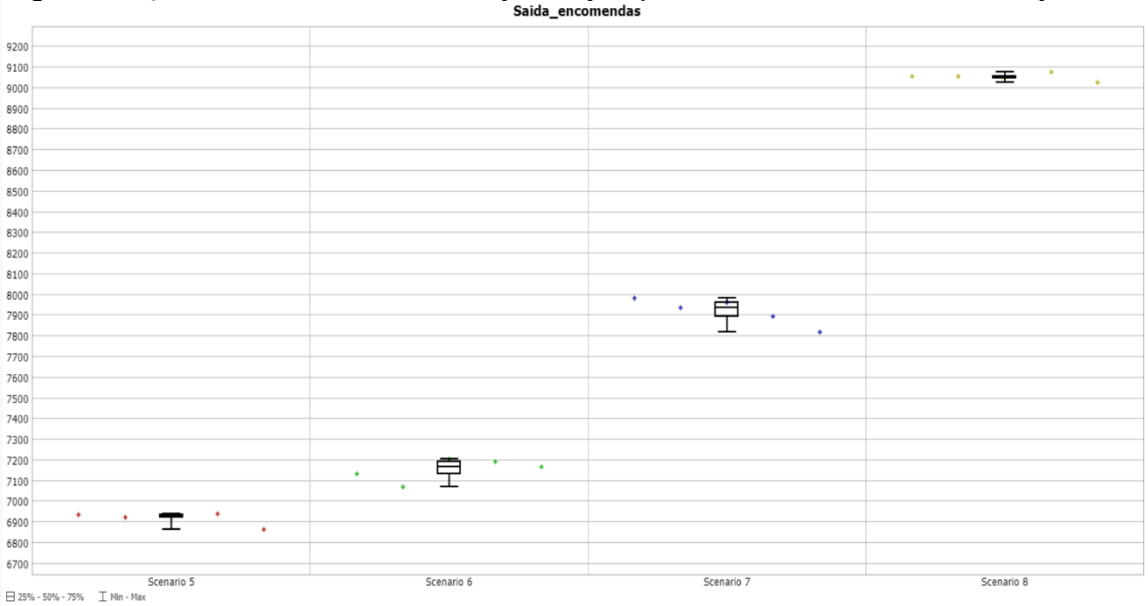
Cenários	Quantidade de Operadores	Ocupação Média (%)
Cenário 1	1	99,99
Cenário 2	2	99,98
Cenário 3	4	99,42
Cenário 4	8	96,42

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Conforme apresentado na Figura 4, ao elevar a quantidade para 20 encomendas por CDL, a dinâmica se manteve semelhante: houve uma elevação no número total de encomendas tratadas conforme o aumento da quantidade de operadores. A quantidade média do total de CDLs enviados para a expedição teve um aumento de aproximadamente 30,52% entre os cenários e a quantidade total de encomendas tratadas chegou a 181.000 no cenário 8.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

Figura 4 – Quantidade de CDLs enviados para expedição considerando 20 encomendas por CDL



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Analisando a Tabela 2, nota-se que a ocupação dos operadores aumentou em todos os cenários, se comparado com a simulação de 10 encomendas por CDL. Isso indica que volumes moderados começam a justificar a utilização de mais operadores, mas ainda exige cautela para evitar subutilização da equipe.

Tabela 2 - Ocupação média dos operadores considerando 20 encomendas por CDL

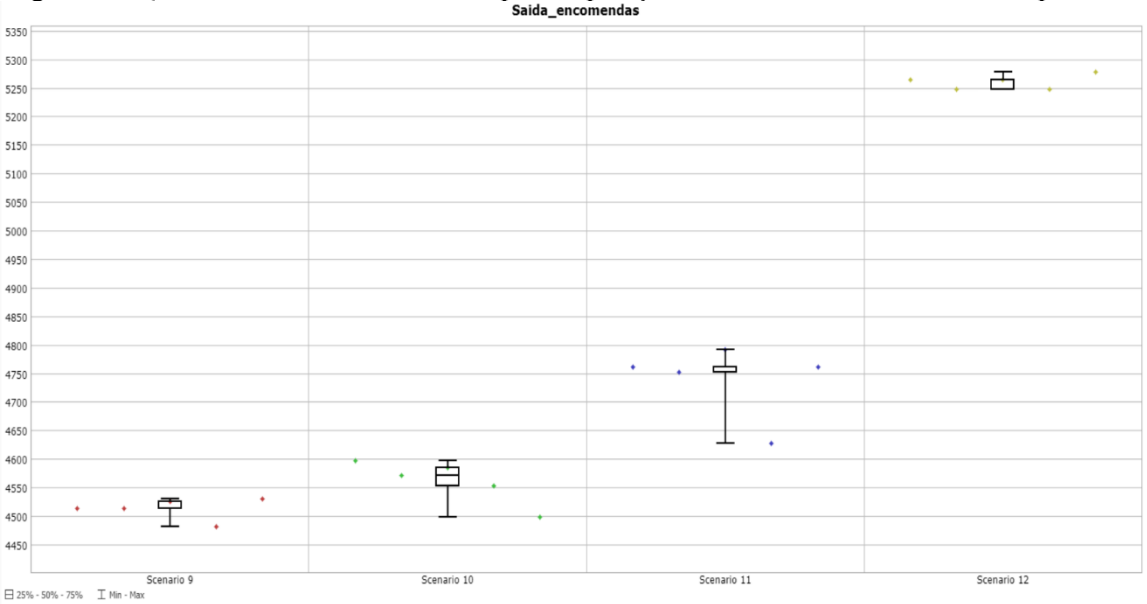
Cenários	Quantidade de Operadores	Ocupação Média (%)
Cenário 5	1	99,99
Cenário 6	2	99,99
Cenário 7	4	99,99
Cenário 8	8	99,16

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Conforme ilustrado na Figura 5, nos cenários de 50 encomendas por CDL a quantidade expedida reduziu sensivelmente devido ao aumento do acúmulo de volumes necessários para o preenchimento do CDL. A quantidade total de encomendas tratadas aumentou 16,57% entre os cenários.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

Figura 5 – Quantidade de CDLs enviados para expedição considerando 50 encomendas por CDL



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Foi possível analisar, a partir da Tabela 3, que em todos os cenários desta simulação a célula operou próximo do limite de capacidade, com uma baixa ociosidade dos operadores, mas com risco de formação de filas internas em razão da quantidade de encomendas tratadas por CDL.

Tabela 3 - Ocupação média dos operadores considerando 50 encomendas por CDL

Cenários	Quantidade de Operadores	Ocupação Média (%)
Cenário 9	1	99,99
Cenário 10	2	99,99
Cenário 11	4	99,99
Cenário 12	8	99,99

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

A Tabela 4 sintetiza o volume total de encomendas tratadas, o ganho percentual da capacidade produtiva e a queda da produtividade por operador nos três níveis de quantidade de encomendas por CDL (10, 20 e 50 encomendas) e em todos os cenários simulados.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

Tabela 4 – Quantidade de encomendas tratadas por cenário simulado, o aumento da capacidade produtiva e a queda da produtividade por operador

Cenários	Quantidade de Operadores	Quantidade de Encomendas por CDL	Quantidade de Encomendas Tratadas	Aumento da Capacidade Produtiva (%)	Quantidade de Encomendas por Operador	Queda da Produtividade por Operador (%)
1	1	10	126.800	-	126.800	-
2	2		133.720	5,46	66.860	47,27
3	4		144.140	13,68	36.035	71,58
4	8		149.430	17,85	18.678,75	85,27
5	1	20	138.680	-	138.680	-
6	2		143.320	3,35	71.660	48,33
7	4		158.680	14,42	39.670	71,39
8	8		180.540	30,52	22.567,50	83,73
9	1	50	225.650	-	225.650	-
10	2		228.600	1,31	114.300	49,35
11	4		236.950	5,01	59.237,50	73,75
12	8		263.050	16,57	32.881,25	85,43

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

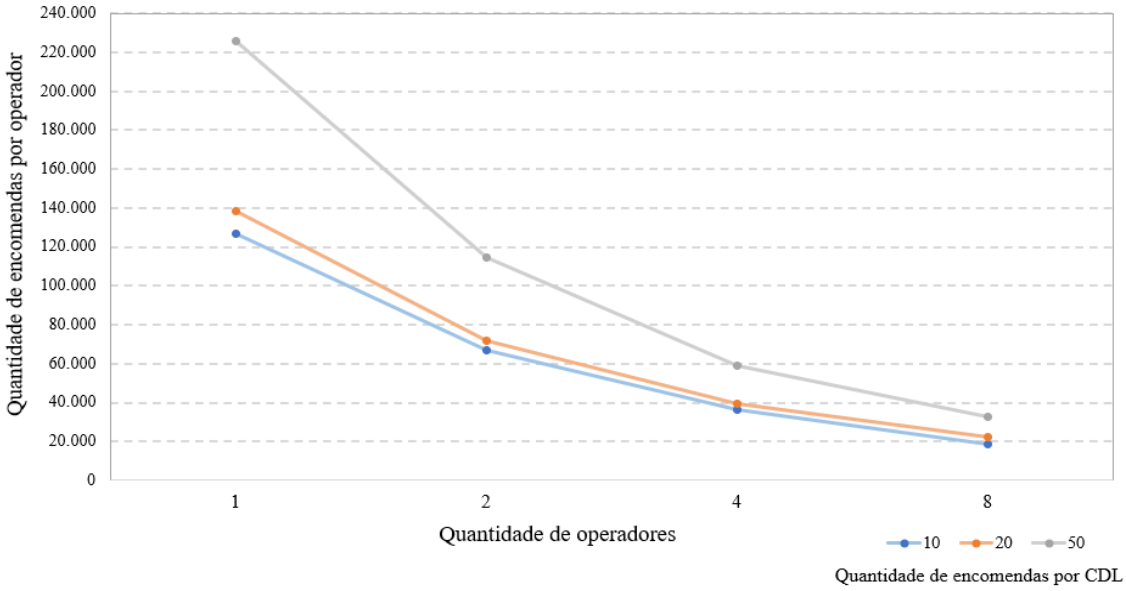
Constatou-se que o maior ganho da capacidade produtiva foi nos cenários com 20 volumes por CDL, em torno de 30,52%, o que indica que ocorre um equilíbrio ideal entre carga de trabalho e utilização da equipe.

A análise dos cenários com o mesmo número de operadores revelou que, no terceiro caso, a quantidade de encomendas tratadas do cenário 1 foi de 225.650 encomendas e no teste anterior foi de 138.680, indicando uma elevação de aproximadamente 62,71% na capacidade produtiva, enquanto o aumento para o cenário de 8 operadores foi de 16,57%.

Nessa situação, o aumento da quantidade de encomendas tratadas por CDL exerceu um impacto mais expressivo sobre o volume total de processamento do que a simples ampliação da quantidade de operadores, o que pode ser explicado, por exemplo, pela diminuição da frequência dos transportes dos CDLs e da quantidade de fechamentos necessários dos CDLs.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

Figura 6 – Quantidade de encomendas por operador em cada cenário simulado



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Embora a capacidade produtiva total tenha aumentado com a adição de operadores, a produtividade individual apresentou uma queda expressiva como demonstrado na Figura 6. Em todos os cenários simulados com 8 operadores, a produtividade por trabalhador caiu mais de 83% em relação ao cenário com apenas 1 operador, essa redução reflete uma perda de eficiência operacional, resultante do desequilíbrio entre a demanda de encomendas e o número de recurso humanos disponíveis.

Os cenários simulados evidenciaram que, ao aumentar a quantidade de encomendas por CDL, diminui-se o número de CDLs expedidos, mas cresce significativamente o total de encomendas tratadas. Essa dinâmica justifica-se visto que, com volumes maiores concentrados em cada CDL, há uma maior eficiência na consolidação de encomendas, aumentando, no entanto, o volume de trabalho da célula.

Em paralelo, a variação no número de operadores por célula também impactou de maneira relevante os indicadores analisados. Mais trabalhadores ampliaram o volume processado, porém elevaram a ociosidade em cenários com baixa demanda. Esse comportamento está correlacionado com a saturação da célula: quando o fluxo é reduzido, a divisão das tarefas entre muitos operadores conduz à existência de períodos de espera entre as atividades. Por outro lado, em situações de alta carga de trabalho, a disponibilidade de mais operadores é crucial para evitar a formação de gargalos e maximizar a produtividade geral.

Além dos impactos observados, a capacidade produtiva e a ocupação dos operadores nos cenários simulados, deve ser analisado também que a variação na quantidade de encomendas por CDL também pode influenciar diretamente nos processos de movimentação interna e expedição. Com mais encomendas agrupadas em cada contêiner, a frequência de deslocamentos necessários para transporte dos volumes diminui, resultando em maior eficiência logística interna, menor saturação das rotas de movimentação e redução do esforço operacional.

Além disso, quando o número de CDLs é reduzido, diminui-se proporcionalmente a quantidade das atividades auxiliares, como por exemplo a conferência do conteúdo e atualização dos registros no sistema, liberando os operadores para tarefas mais produtivas, como a triagem e separação de encomendas. Portanto, estratégias que busquem maximizar o número de encomendas

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

por CDL, dentro dos limites operacionais viáveis, também podem trazer ganhos expressivos de eficiência e de aproveitamento dos recursos logísticos.

4. Conclusão

Este estudo teve como objetivo analisar, por meio de simulações computacionais utilizando o FlexSim e sua ferramenta Experimenter, o desempenho de células de tratamento manual de encomendas sob diferentes configurações operacionais. O modelo conceitual desenvolvido reproduziu o fluxo típico de trabalho de centros logísticos, permitindo uma análise mais fiel à realidade, com foco em variáveis como o número de operadores por célula e a quantidade de encomendas tratadas por CDL.

Os resultados evidenciaram que embora o aumento no número de operadores eleve a capacidade de processamento, essa estratégia pode gerar uma baixa produtividade, devido ao aumento do tempo ocioso e o desperdício operacional relacionado ao baixo aproveitamento dos recursos disponíveis.

Por outro lado, o volume de encomendas por CDL mostrou-se um fator crítico de desempenho. O aumento da concentração de volumes por contêiner contribuiu não apenas para a elevação da capacidade produtiva, mas também para a redução de deslocamentos das paleteiras e da frequência de fechamento dos CDLs, otimizando o fluxo interno e minimizando atividades administrativas.

Dessa forma, destacou-se a importância de um balanceamento criterioso entre força de trabalho e volume de encomendas, tendo em vista o aumento da capacidade produtiva mantendo a alta ocupação dos recursos disponíveis. A distribuição equilibrada de volumes por célula favorece o balanceamento de carga entre os operadores e a execução sincronizada de atividades paralelas, resultando em ganhos expressivos de desempenho. Esses achados reforçam a relevância da consolidação adequada de volumes e da alocação eficiente de operadores como estratégias essenciais para maximizar a eficiência operacional em ambientes de triagem manual.

Por fim, a utilidade do FlexSim foi indispensável, cuja capacidade de modelagem tridimensional, lógica flexível e recursos avançados de simulação foram fundamentais para representar com realismo as operações de triagem, movimentação de encomendas e formação de filas. A ferramenta Experimenter, em especial, foi essencial para a organização e execução sistemática dos testes, permitindo a variação automatizada de parâmetros e a coleta eficiente de indicadores de desempenho, o que tornou o processo experimental mais robusto e confiável.

Além da análise específica para o centro de tratamento estudado, a metodologia proposta pode ser replicada em outros contextos logísticos, permitindo que gestores avaliem o impacto de diferentes configurações operacionais de forma virtual, antes de implementá-las no ambiente real. Esse procedimento contribui para a tomada de decisão baseada em evidências, alinhando o uso da simulação a práticas de engenharia de produção e logística.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br

Referências

Canipa, A. L. N., Cremonesi, F. C., da Silva, M. M., Nascimento, R., Bueno, S. M., Gabriel, T. Q. e da Silva, V. C. T. (2021). Aplicação do simulador FlexSim no tratamento de objetos frágeis e não maquináveis em um centro logístico. Web page. <https://prezi.com/p/npywhckx4bg5/flexsim-logistica/>. Acessado em: 2025-04-14.

Chwif, L. e Medina, A. (2014). *Modelagem e simulação de eventos discretos, 4a edição: Teoria e aplicações* (Vol. 4). Elsevier Brasil.

Chwif, L. (1999). *Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal*. Doctoral Thesis, Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo. doi: 10.11606/T.3.1999.tde-24072024-070842.

Orozco-Crespo, E., Sablón-Cossio, N., Saraguro-Piarpuezán, R., Hermoso, D. e Rodríguez-Sánchez, Y. (2019). Optimización de Recursos mediante la Simulación de Eventos Discretos. Tecnología en Marcha. Vol. 32-2, Pág 146-164.

Bateman, R. E., Bowden, R. O., Gogg, T. J., Harrell, C. R., Mott, J. R. A. e Montevechi, J. A. B. (2013). *Simulação De Sistemas: Aprimorando Processos de Logística, Serviços e Manufatura* (Vol. 1). Elsevier Brasil.

Pawlewski, P., Hoffa-Dabrowska, P., Golinska-Dawson, P. e Werner-Lewandoska, K. (2019). FlexSim in Academe: Teaching and Research. Poznań University of Technology**,** Poznan, Polonia. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04519-7.

Zhu, X., Zhang, R., Chu, F., He, Z. e Li, J. (2014). "A Flexsim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre". *Journal of Applied Research and Technology*, *12*(2). https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)72343-0.

Enami, L. M., Bossonario, A. C., Enami, R. M. e Culchesk, A. M. (2019). Projeto de minimização de gargalo através de simulação em uma indústria metalúrgica. Simpósio de Engenharia de Produção, Campo Mourão.

Morais, T. M., Menezes, J. E., Santos F. C. V., Santos P. H. e Silva, M. A. G. (2017). Modelagem e simulação utilizando o software Flexsim: estudo na busca por melhorias no processo produtivo de indústria alimentícia de Anápolis/GO. ENEGEP, Joinville. doi: 10.14488/ENEGEP2017_TN_STP_238_382_30915.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212463
https://proceedings.science/p/212463?lang=pt-br