

## GESTÃO DE ARMAZENAGEM E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS POR MEIO DE SIMULAÇÃO DISCRETA: UM ESTUDO DE CASO

Ricardo Moreira da Silva<sup>1</sup>  
Cassius Tadeu Scarpin<sup>2</sup>

**RESUMO:** Uma melhor execução das operações dentro de um armazém pode significar um diferencial competitivo de grande impacto na logística de uma empresa. Ser referência na área de atuação, diante de um cenário de mercados globalizados é uma das motivações para que as empresas busquem a excelência operacional. Nesse contexto, a melhoria dos processos torna-se a ação prioritária para a identificação de desperdícios e para a otimização dos recursos, principalmente na realidade atual de racionamento de custo. Este trabalho apresenta um estudo de caso, combinando a aplicação da curva ABC de movimentação de produtos dentro de um armazém e a simulação computacional das operações de movimentação, armazenagem e picking, em um centro de distribuição (CD) logístico, utilizando o software SIMUL8®. O estudo apresenta propostas para organização do depósito considerando o giro dos produtos, como parâmetro para estabelecer a melhor posição no armazém para cada classe de produto, a atuação dos funcionários, com mudanças nas regras operacionais das atividades. Foram gerados três cenários para a simulação. O objetivo é encontrar um cenário que gere o aumento da produtividade no abastecimento de linha de produção, assim como estudar as melhorias nos processos de armazenagem, movimentação e separação de materiais. A simulação auxilia a compreensão das mudanças, sem acarretar em custos de operação caso as mudanças fossem testadas na prática. No cenário onde se aplica a correção do layout por meio dos resultados do método ABC e depois aloca-se cada funcionário em determinada região do armazém (picking por zonas), verifica-se maior eficiência para o processo. Este cenário gera, em média, ganhos de 11% na quantidade de caixas separadas, sem aumentar a quantidade de funcionários do armazém e diminuindo a quantidade de pallets movimentados.

**Palavras-chave:** Simulação Computacional, Armazenagem, Curva ABC.

---

<sup>1</sup>Pós-graduação MBA Gerência de Sistemas Logísticos, CEPPAD/UFPR, Brasil. E-mail: ricardos1983@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná - UFPR, Brasil. E-mail: cassiusts@gmail.com

# 1 INTRODUÇÃO

A globalização tem desafiado cada vez mais as organizações a serem inovadoras e eficientes, devido à disputa acirrada com empresas transnacionais por maior fatia do mercado, exigindo respostas rápidas às necessidades dos clientes e as oscilações dos diversos ambientes. Assim a sobrevivência no mercado depende dentre outros fatores quão eficientes e inovadoras as empresas podem ser.

Nesse contexto a área de logística tem ganhado cada vez mais espaço na agenda dos executivos da maioria das empresas (CORRÊA, 2014), sendo uma poderosa arma competitiva, além de absorver um montante alto de recursos financeiros para fazer com que os produtos e serviços cheguem ao cliente no tempo certo, na quantidade certa, íntegros e a um preço justo.

Dentre os processos da área logística as atividades de armazenagem e manuseio de materiais respondem por 25% das despesas, excluindo os custos de manutenção de estoques. Vale destacar ainda que essas atividades além de absorverem custos, causam impacto sobre o tempo de ciclo do pedido e conseqüentemente sobre o nível de serviço ao cliente (BALLOU, 2006), sendo temas merecedores de cuidadosa análise e consideração.

Logo, o desafio para a gestão de armazéns diz respeito a como desenvolver a armazenagem de modo a facilitar o manuseio eficiente de materiais (BALLOU, 2006), evitando o desperdício de recursos. Um armazém é normalmente visto como um lugar para se guardar ou armazenar produtos ou materiais, já armazenagem é a atividade de estocagem e movimentação de produtos acabados, dentro da própria fábrica ou em locais externos, pelos fabricantes ou através de um processo de distribuição.

De acordo com BALLOU (2006) o manuseio de materiais é a chave da produtividade dos depósitos por varias razões importantes. Primeiramente a quantidade relativamente grande de mão-de-obra, necessário ao manuseio de materiais, faz com que a produtividade geral do depósito seja vulnerável a qualquer queda de desempenho da mão-de-obra.

Em segundo lugar, a natureza das atividades de manuseio de materiais apresentam limitações ao uso de avançadas tecnologias de informação. Mesmo considerando que o uso de computadores propiciou a introdução de novas tecnologias e capacidades, o manuseio de materiais ainda é uma atividade preponderantemente manual (ANSARI; SMITH, 2017). Em

terceiro lugar há o fato de que, até recentemente, o manuseio de materiais nunca havia sido administrado de maneira integrada com outras atividades logísticas.

A armazenagem aparece atualmente como uma das funções que se agrega ao sistema logístico e que sua importância leva soluções para os problemas de estocagem de materiais que possibilitam uma melhor integração entre as cadeias de suprimento, produção e distribuição. Dessa forma o setor de armazenagem deixou de ser vista como uma área geradora de custos e passou a ser vista com potencial para aumentar a vantagem competitiva das empresas (CHAN; CHAN, 2011). Para a manutenção dessa vantagem competitiva as empresas que se destacam pela excelência em logística vêm adotando mais frequentemente modernas tecnologias de informação, principalmente sistemas de apoio à tomada de decisão, dentre as quais se destacam a modelagem e a simulação computacional (GIANNIKAS, *et al*, 2017).

A escassez da disponibilidade de recursos para investimento em melhoria de processos faz com que as empresas busquem essas ferramentas que auxiliem no direcionamento de suas tomadas de decisão e reduzam os riscos atrelados (SOARES *et al.*, 2011). Assim pode-se constatar que a utilização da tecnologia da informação e das ferramentas computacionais para auxiliar nas atividades logísticas de armazenagem e suportar as decisões gerenciais, compõe uma combinação interessante quando o objetivo é melhorar um processo que auxiliará na manutenção da competitividade empresarial (BUČKOVÁ, *et al*, 2017).

Esta pesquisa se classifica como estudo de caso num centro de distribuição (CD) de uma empresa de grande porte do segmento de perfumaria e cosméticos, localizado em São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba/PR. O foco principal é a aplicação da simulação computacional como ferramenta de suporte para identificação de desperdícios (NEGAHBAN; SMITH, 2014). Também, deseja-se realizar testes de cenários e mudanças no processo que permitam maior produtividade nas atividades de armazenagem, movimentação de materiais e abastecimento de linha de produção, juntamente com a aplicação do conceito de curva ABC, para melhor organização do depósito do centro de distribuição objeto desta pesquisa.

Contudo, o objetivo deste artigo é utilizar a simulação computacional para análise de cenários, sugerindo mudanças viáveis no processo de armazenagem e movimentação de materiais de um centro de distribuição real. Na aplicação da simulação, utilizou-se o conceito

de curva ABC, em relação a movimentação dos produtos, buscando encontrar a existência de ganhos de produtividade no setor de abastecimento de linha de separação.

Para atingir o objetivo deste trabalho, pretende-se analisar o processo atual de armazenagem e movimentação de materiais da empresa objeto desse estudo, propor alterações nos processos, realizar a comparação de resultados entre estado atual e os cenários experimentados. Assim a principal contribuição deste trabalho está na proposta de um processo estruturado baseado na aplicação de conceito da curva ABC como método de organização e a utilização de ferramentas de simulação computacional para testar cenários e propor mudanças de processos antes da efetiva implantação no sistema real.

Na seção 2 deste presente trabalho é apresentado o referencial teórico, serão abordados os conceitos de simulação computacional, a metodologia da simulação utilizada para desenvolvimento deste trabalho e apresenta-se o conceito da curva ABC. Na seção 3 é apresentado simplificada, em forma de tabela, os trabalhos correlatos. Na seção 4 é apresentado o estudo de caso, detalhando os processos e atividades atuais, assim como as medições, aplicação da sistemática proposta, e os passos para a implementação do modelo computacional. Na seção 5 são apresentados os experimentos e análises dos resultados obtidos na simulação computacional. Na seção 6 são apresentadas as considerações finais sobre o estudo realizado.

## **2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

De acordo com Prado (2003) simulação é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real em um computador. A simulação se mostra como uma ferramenta estratégica para estudos de reengenharia, mudanças de layout, ampliação, logística, etc. Sendo sua grande vantagem o fato de permitir a análise de diversas alterações no cenário virtual sem o custo e o risco de atuar no cenário real. Kelton (1998) acrescenta dizendo que a simulação é uma gama variada de métodos e aplicações que reproduzem o comportamento de sistemas reais, usualmente utilizando-se de ferramentas computacionais.

Segundo Chwif e Medina (2010) para que o estudo da simulação seja bem-sucedido devem-se seguir certos passos que são conhecidos na literatura como “metodologias de simulação”. Os autores ainda complementam que basicamente, o desenvolvimento de um modelo de simulação compõe-se de três grandes etapas:

- Concepção ou formulação do modelo;
- Implementação do modelo;
- Análise dos resultados do modelo.

Na primeira etapa, “concepção”, deve-se ter o entendimento claro do sistema a ser simulado e seus objetivos, definição do escopo com suas hipóteses e níveis de detalhamento, bem como a coleta inicial dos dados de entrada. Na segunda etapa, “implementação”, o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional através da utilização de alguma linguagem de simulação ou de um simulador comercial, sendo este último o mais utilizado. Na terceira etapa, “análise”, o modelo computacional está pronto para realização dos experimentos. Nesta etapa são efetuadas várias “rodadas” do modelo, e os resultados gerados são analisados e documentados. Se o resultado não for satisfatório, o modelo pode ser modificado e o ciclo é reiniciado.

Para Prado (2003) cada software de simulação possui uma característica básica que o diferencia dos outros: a “visão de mundo”. Este termo significa a forma como que o software foi concebido, ou como ele vê um sistema a ser simulado. Isto tem como consequência a maneira como os dados serão fornecidos, cada software é diferente e os relatórios gerados também têm características peculiares.

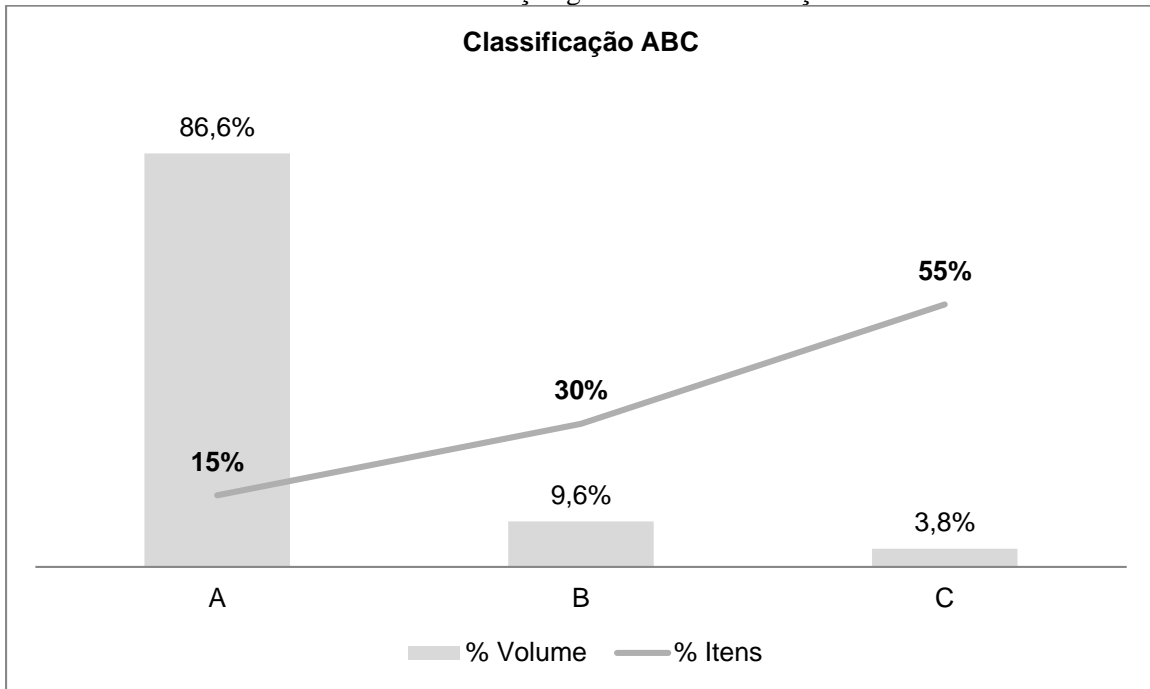
Chwif e Medina (2010) descrevem que a etapa de escolha do software de simulação nem sempre é fácil e direta, pois irá depender dos conhecimentos do profissional responsável em relação ao software de simulação utilizado. Os autores acrescentam que o software de simulação é um ponto importante em um estudo de simulação, porém, não fundamental, porque o fator mais importante e crítico para o sucesso de um estudo de simulação é o profissional que está realizando o estudo. No entanto, não se pode negar que a seleção adequada do software influencia principalmente o tempo total de um estudo de simulação. Uma excelente fonte de informação sobre os softwares de simulação disponíveis é a revista eletrônica *OR/MS Today* (<http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/Simulation.html>), que apresenta uma *survey* com os principais softwares de simulação, relacionando: seus principais usos, áreas de aplicação, vendedores/distribuidores, etc.

Um dos softwares comerciais de simulação com o maior quantidade de licenças vendidas no mundo é o SIMUL8, seu desenvolvimento teve início na década de 90, sua escolha como ferramenta de suporte para este artigo está diretamente relacionada com a área de aplicação do software, o sistema roda perfeitamente em sistema operacional Windows, possui interface com Microsoft Excel, além de ser de fácil acesso a apostilas e tutoriais, contudo outro fator relevante é o prévio conhecimento do software pelo autor deste artigo.

Um conceito especialmente valioso em termos de planejamento logístico é a curva ABC. O método foi observado pela primeira vez por Vilfredo Pareto em 1987 durante um estudo de distribuição da renda e da riqueza na Itália. Ele chegou à conclusão de que uma grande percentagem da renda total estava concentrada nas mãos de uma pequena percentagem da população, na proporção de quase 80% a 20%, respectivamente. Esse conceito encontrou generalizada aplicação nos negócios. (BALLOU, 2006). Mediante essa teoria, a General Electric realizou uma adaptação do princípio de Pareto à administração de materiais, que foi denominada curva ABC. Esta representa uma ferramenta que permite identificar itens que justificam atenção e tratamento adequados em seu gerenciamento (VAGO, et al, 2013).

Geralmente uma análise de curva ABC consiste da separação dos itens de estoque em três grupos de acordo com o seu consumo se tratando de produtos acabados. O valor de consumo é determinado pela divisão da quantidade de consumo do produto pelo total de produtos consumidos no período. Os percentuais do total de itens que pertencem à determinada classe não são uma razão exata: os da classe A estão entre 35% e 70% do valor movimentado no estoque, os da classe B, entre 10% a 45% e os da classe C, entre 20% e 55% (BALLOU, 2006). Para composição desta pesquisa foi determinado os valores correspondentes para cada classe, sendo os pertencentes à classe A igual a 15% dos itens, os da classe B, 30% e os da classe C, 55% dos itens.

Gráfico 1 – Demonstração gráfica da classificação ABC.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3 TRABALHOS CORRELATOS

Para melhor comparação entre trabalhos correlatos ao tema desenvolvido, apresenta-se um resumo, em quadro, dos principais trabalhos utilizados como referência.

Quadro 1 – Resumo dos principais trabalhos correlatos

<b>Referência</b>	<b>Descrição</b>
Carvalho (2006).	Propôs analisar as potencialidades e vantagens do uso da modelagem e simulação computacional em operações logísticas complexas como ferramenta de auxílio a tomada de decisões, realizando estudo de caso em uma organização Baiana, focando nas operações logísticas de carregamento e expedição de caminhões com produtos a granel e embalados (sacaria ou tambores).
Cassel, Carmo, Campana, Ritter e Silva (2002).	Buscaram apresentar as dificuldades e os benefícios da utilização da técnica de simulação computacional no planejamento de uma nova unidade fabril e na melhoria dos processos de separação da área de logística interna de uma empresa do setor moveleiro.
Filgueiras, Azevedo, Carmo e Winkler (2015).	Abordaram a aplicação de conceitos de produção enxuta em um armazém do centro de distribuição de uma empresa atacadista.
Junior, Santos e Bertoluci (2015).	Realizaram uma simulação computacional num contexto de produção, correlacionando tempo e qualidade, com o intuito de identificar os gargalos que geram grandes números de perdas durante a produção de uma empresa de calçados.
Maia, Luche, Marins e Ribeiro (2014).	Propuseram um projeto de ampliação de um armazém de uma fábrica do setor alimentício, revisando a política de estoque, analisando a curva ABC dos produtos para melhor alocação no armazém, sugerindo alteração no layout do depósito e verificando a viabilidade do investimento.
Silva, Freitas, Tozi e Nascimento (2015).	Apresentaram uma comparação entre as estratégias de separação discreta e separação por zona utilizando-se de técnicas de simulação computacional por eventos discretos aplicados no Software Arena, avaliaram alguns cenários alternativos e identificaram potenciais vantagens competitivas para armazém de empresa de autopeças.
Soares, Lemos, Araújo e Hansen (2011).	Apresentaram um estudo de simulação computacional em uma empresa do ramo automotivo, com um ambiente organizacional focado em princípios do Sistema Toyota de Produção. O estudo apresentou uma proposta de simulação computacional de reestruturação de um <i>layout</i> celular, avaliaram a redução de estoques em processo, o aumento da produtividade, a redução do lead time e a adequação da mão-de-obra na célula de produção.
Tinelli (2013).	Estabeleceu uma ferramenta/técnica que garante um posicionamento de produto otimizado baseado na classificação ABC e alocação por meio da priorização dos produtos estabelecida pela hierarquia do AHP.
Torga, Montevechi e Pinho (2006).	Exploraram a simulação computacional na manufatura diferenciando os tipos de sistema de produção e descreveram sua aplicação em uma linha de produção puxada associando os conceitos de simulação e otimização para minimizar o número de <i>kanbans</i> de uma linha produtiva.

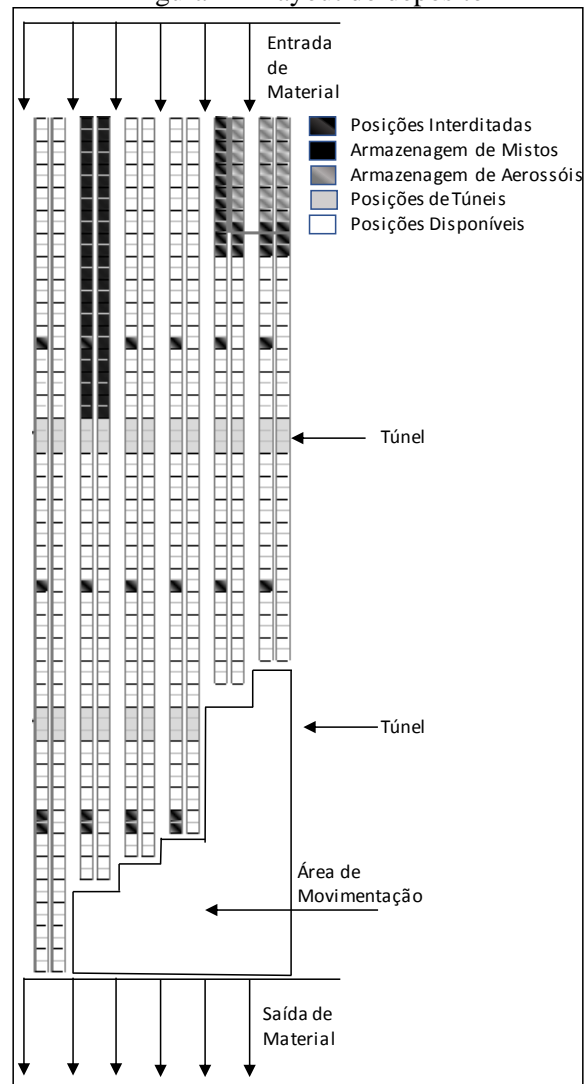


Vago, Souza, Melo, Lara, Fagundes e Sampaio (2013).	Utilizaram a ferramenta curva ABC para contribuir na gestão de almoxarifado de um Centro de Pesquisa Federal, bem como o gerenciamento de necessidade de estoque.
---	---

#### 4 ESTUDO DE CASO

A estrutura de armazenagem do CD compreende a uma área de aproximadamente 5.000m<sup>2</sup> e é composta por uma estrutura porta-pallet com capacidade para armazenar 4.500 pallets, contém seis corredores de acesso e dois tuneis de circulação no sentido oposto aos corredores que facilitam o acesso e o tráfego no centro do depósito. A estrutura é verticalizada com pé direito de 10m sendo seis níveis de altura.

Figura 1 – Layout do depósito



Fonte: Elaborado pelo autor

As posições do armazém são codificadas, identificadas com etiquetas código de barras e cadastradas no sistema ERP gerenciador de depósito. Isso permite além da utilização de radio frequência (RF), o rastreamento das movimentações realizadas no armazém, mantendo assim a acurácia e organização do estoque (LU, *et al*, 2016).

Os produtos são unitizados e armazenados em pallets, para atender a essa condição toda carga de materiais recebida no CD deve necessariamente ser palletizada.

Figura 2 - Fluxo atual do macro processo do *inbound* da empresa



Fonte: Elaborado pelo autor

O macro processo do *inbound* é subdividido em cinco micros processos, sendo descarga de caminhão, conferência da carga, armazenagem, movimentação de materiais e separação para abastecimento de linha de produção.

O processo de descarga de caminhão consiste nas atividades de avaliação de segurança, a descarga propriamente dita, segregação de materiais e palletização. Após a conclusão dessas atividades, é liberada a realização do processo de conferência que compreende nas atividades de conferência física, colagem de etiqueta UD, avaliação do estado da carga em termos de danos.

A atividade de conferência é realizada mediante a entrada da nota fiscal no sistema da empresa. Para garantir a confiabilidade da conferência, essa atividade é realizada “às cegas” uma vez que o conferente responsável não detêm as informações dos produtos, quantidade de peças, quantidade de caixas, etc. A conferência só é permitida com equipamento RF porque todas as caixas de produtos possuem uma etiqueta de identificação com código de barras que contém os dados do produto (código do material, lote, data de fabricação, data de validade, quantidade de unidades, etc) nomeada de etiqueta lote. Essa etiqueta é registrada no sistema a partir de sua leitura pelo RF, o pallet referente ao material em conferência recebe

a etiqueta UD onde estão gravadas as informações consolidadas dos materiais, se tornando uma espécie de identidade do pallet.

Para conclusão dessa atividade, são necessárias duas conferências, caso ocorra alguma divergência entre a quantidade conferida e a quantidade da nota fiscal, uma terceira contagem é requisitada, sendo esta a definitiva. Assim que concluído o processo de conferência, os materiais estão prontos para serem armazenados no depósito.

O processo de armazenagem e movimentação de materiais é realizado por operadores de empilhadeira, que através do RF efetuam a vinculação entre a etiqueta UD e a posição a ser armazenada, vale destacar que o sistema não sugere qualquer posição, ficando a critério do operador a escolha de um local disponível para guardar o material, usualmente selecionado de forma visual. Em um dado momento esses pallets serão requisitados para a área de separação de caixas sendo movimentados posteriormente por auxiliares operacionais denominados compradores de abastecimento de linha de produção. Os responsáveis por essa atividade de movimentação de pallets para a área de separação são os próprios operadores de empilhadeira que mediante solicitação da área de abastecimento de linha, movimentarão o pallet para a área de separação, que compreende o primeiro nível da estrutura porta-pallet.

Da mesma maneira que a armazenagem do recebimento, a movimentação não segue um critério de melhor posição no depósito para o tipo de material, aqui se encontra o problema estudado neste artigo. No modelo de processo atual um produto de alto giro de estoque pode ser alocado no nível mais alto do armazém e depois ser movimentado para a área de separação mais distante do abastecimento de linha de produção, por exemplo. Isso ocorre porque o processo atual não presa pela otimização da movimentação de materiais.

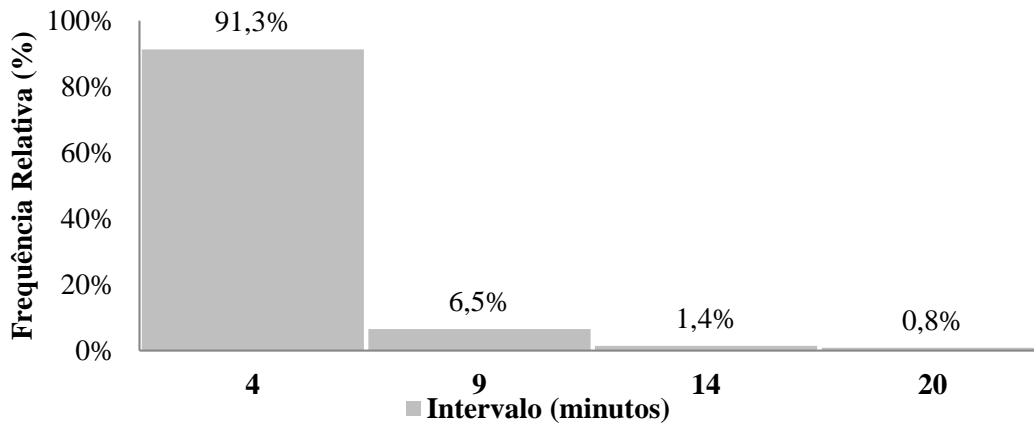
A atividade de separação é realizada pelos compradores de abastecimento de linha, cada qual responsável por ruas do depósito, que iniciam a atividade quando é gerada pela linha de produção a necessidade de abastecimento de um determinado produto. Esta solicitação entra numa fila de prioridade no sistema, ficando disponível até a conclusão da atividade via RF pelos separadores. Pretende-se testar cenários e mudanças no processo que traduzam em ganho de produtividade para ambas as atividades (VRIES, *et al*, 2016), mais especificamente na quantidade de caixas abastecidas na linha de produção.

Hipóteses a serem comprovadas:

- Com uma melhor organização do depósito através da classe ABC obtêm-se redução de tempo na movimentação de materiais;
- Produtos de maior giro de estoque em áreas próximo ao abastecimento da linha de produção reduz o tempo na atividade de separação;
- Mesmo havendo aumento no tempo no processo de armazenagem, há uma redução de tempo significativo na atividade de separação e abastecimento de linha.

As medições apresentadas nessa seção foram realizadas em um mesmo período, compreendendo um mês completo nas atividades delimitadas anteriormente e como base em minutos. Todas as discretizações dos intervalos foram realizadas baseadas em Entropia (ROCHOL, 2012). O gráfico 2 abaixo apresenta as medições realizadas na área de armazenagem em relação ao tempo de execução entre uma tarefa de armazenagem de pallet e outra. Observando que aproximadamente 91% dos pallets são armazenados em um intervalo de 0 a 4 minutos.

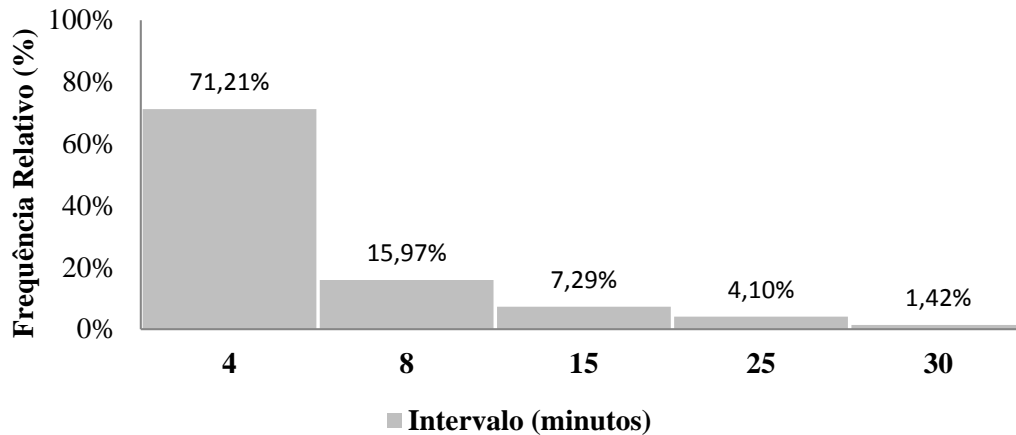
Gráfico 2 – Histograma de frequências do intervalo de tempo de armazenagem por pallet



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 3 a seguir apresenta o intervalo de tempo de movimentação (pallet) de materiais para a área de separação e abastecimento direto para linha de produção. Atualmente o tempo de movimentação de pallet da estrutura para o piso está no intervalo de 0 a 4 minutos em 71% das tarefas.

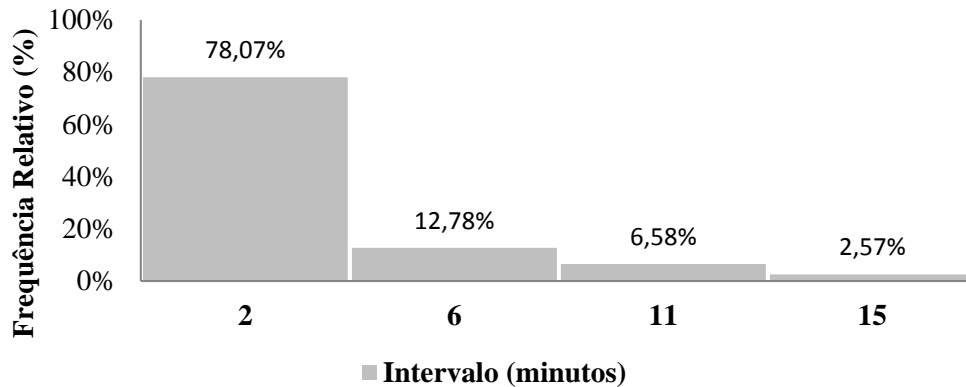
Gráfico 3 – Histograma de frequências de intervalo de tempo de movimentação



Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 4 demonstra que 78% das tarefas de separação para abastecimento de linha de produção gira em torno de 0 a 2 minutos, porém pode-se observar que mais de 10% acontecem no intervalo de tempo de 2 a 6 minutos o que é razoavelmente alto dado às dimensões do depósito.

Gráfico 4 – Histograma de frequências para o intervalo de tempo da atividade de Separação

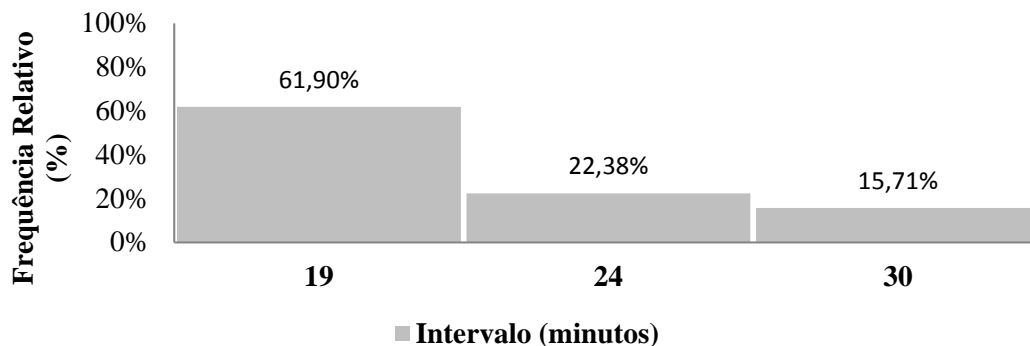


Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 5 abaixo apresenta os tempos relacionados a atividade de abastecimento da linha de produção realizado após a separação no depósito, vale destacar que o abastecimento de linha acontece após a realização de várias separações de ordem de transporte (OT's) para otimizar o processo, uma vez que em sua maioria a quantidade média de cada OT é de 3,3

caixas por separação realizada, logo não faz sentido abastecer a linha a cada separação (vai e volta), se isso ocorresse haveria um excesso de deslocamento no depósito.

Gráfico 5 – Histograma de frequências para o intervalo de tempo de abastecimento de linha.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguinte tabela 1 apresenta a quantidade de posições disponíveis segundo a curva ABC adotada nesta pesquisa, aplicada no depósito e o percentual representativo de cada classe na estrutura.

Tabela 1 – Posições pallets disponíveis por classe e representatividade

Classe	Quantidade	Percentual
A	1.732	55%
B	996	32%
C	399	13%
<b>Total</b>	<b>3.127</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 2 demonstra a aplicação da curva ABC aplicada na previsão de demanda, ajustada de acordo com os critérios do autor deste artigo. A curva A compreende 15% dos itens que corresponde a aproximadamente 86% do volume previsto para o período analisado, a curva B possui 30% dos itens que correspondem a 9,6% e a curva C detêm 55% dos itens com correspondente de 3,8% do volume.

Tabela 2 – Aplicação da curva ABC na previsão de demanda

<b>Classificação</b>	<b>Skus*</b>	<b>% Itens</b>	<b>Caixas</b>	<b>% Volume</b>
A	204	15%	48.514	86,6%
B	408	30%	5.350	9,6%
C	749	55%	2.127	3,8%
<b>Total</b>	<b>1.361</b>	<b>100%</b>	<b>55.990</b>	<b>100%</b>

\* *Stock Keeping Unit* ou Unidade de manutenção de Estoque.

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a determinação das posições por classe de giro de produto e empregado a curva ABC na previsão de demanda, foi aplicada no cenário atual do depósito, obtendo uma fotografia do estado atual do armazém. Constatou-se que o depósito possui mais de 50% da ocupação ociosa, dado a sazonalidade do período, assunto irrelevante para o objetivo da pesquisa. Ainda nesse levantamento pôde se observar que mais de 40% dos produtos alocados em todas as classes não corresponde a curva proporcional.

Tabela 3 – Dados atuais do depósito

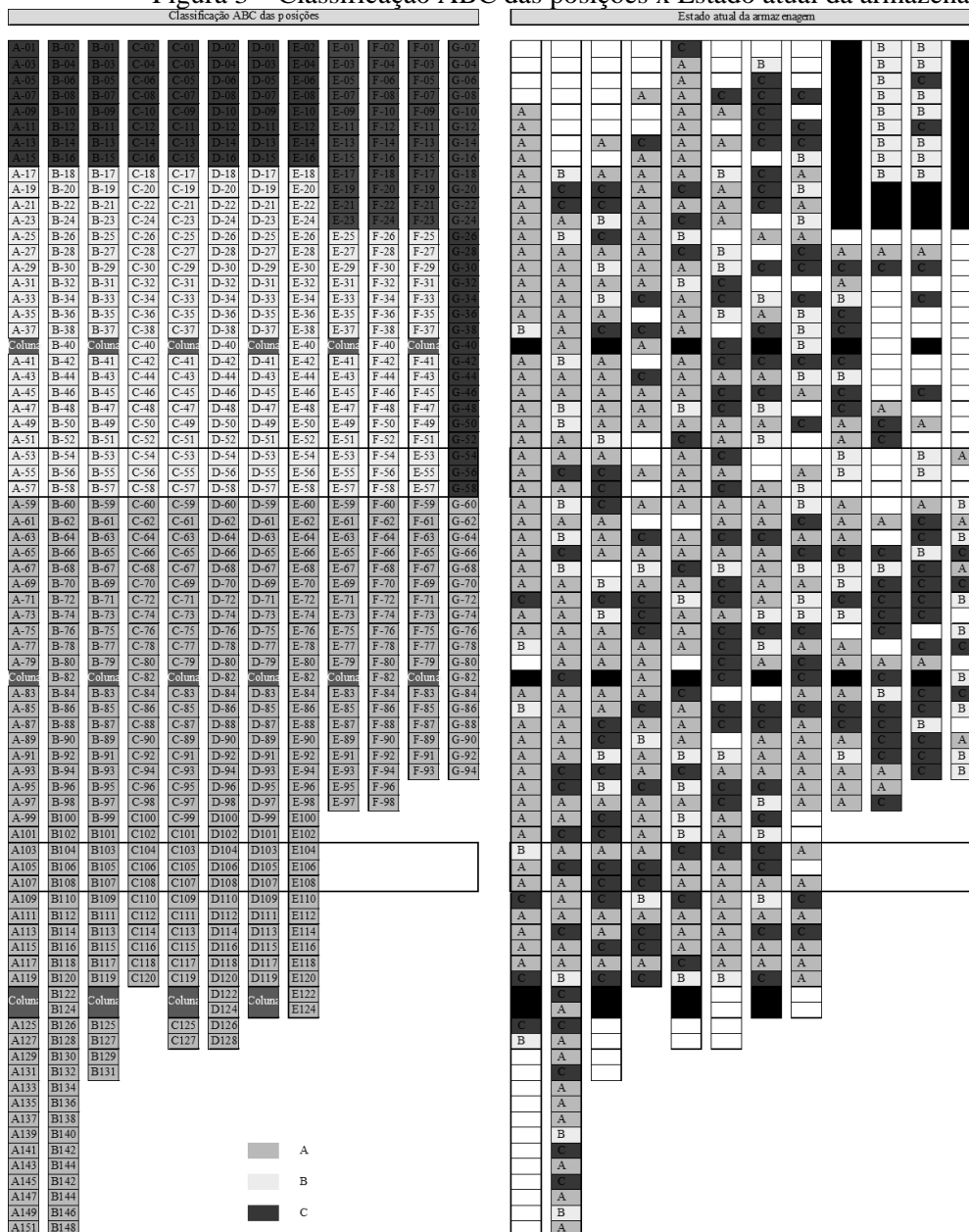
<b>Classe de Posição</b>	<b>Posições disponíveis por classe</b>	<b>Ocupação atual</b>	<b>% de ocupação</b>	<b>Armazenagem</b>	
				<b>Adequada*</b>	<b>Inadequada*</b>
A	1.732	756	44%	53%	47%
B	996	221	22%	15%	85%
C	399	378	95%	29%	71%
<b>Total</b>	<b>3.127</b>	<b>1.355</b>			

\* *Conforme classificação ABC determinada anteriormente.*

Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 3 abaixo é apresentado à fotografia do estado atual da armazenagem em comparação com a classificação ABC das posições determinadas.

Figura 3 – Classificação ABC das posições x Estado atual da armazenagem



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da empresa

A Tabela 4 demonstra como os itens estão armazenados no depósito, sendo possível observar que muitos itens de alto giro (A) estão alocados em área B e C sendo menos privilegiadas do *layout* do armazém, impactando posteriormente no tempo de movimentação de materiais.



Tabela 4 – Distribuição de itens no depósito (demanda x posições)

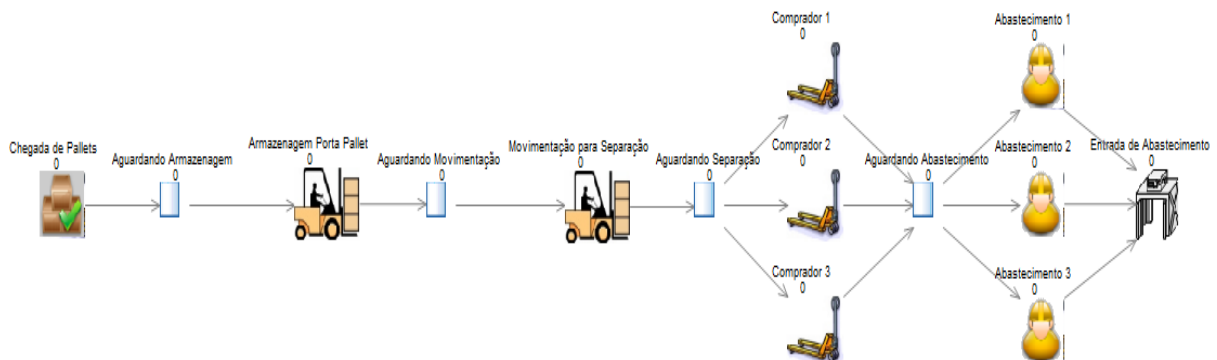
Classificação de itens (Demanda)	Classe de Posições			Total de Produtos
	A	B	C	
A	484	236	36	756
B	160	56	5	221
C	272	89	17	378
<b>Total de Posições</b>	<b>916</b>	<b>381</b>	<b>58</b>	<b>1.355</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

A construção do modelo computacional objetivou-se a simplicidade, uma vez que modelar um processo considerando todas as variáveis e detalhes, torna o processo de construção extremamente complexo, dessa forma foram definidas as condições normais de operação em um período normal, ou seja, sem sazonalidade e eliminando as variações atípicas.

O modelo computacional foi modelado no software Simul8, onde foram utilizados os seguintes elementos disponíveis na ferramenta: (a) Start Point: chegada de pallets; (b) Queue: pallets aguardando armazenagem, movimentação, separação e abastecimento de linha; (c) Activity: atividades de armazenagem, movimentação, separação e abastecimento; (d) End: entrada de abastecimento. Também foram parametrizadas em cada elemento as variáveis de tempo, quantidade de processamentos, restrições e distribuições de probabilidades. Foram geradas 20 rodadas de simulação para extração dos resultados e comparação com o processo real validando o modelo.

Figura 4 – Modelo computacional do processo atual



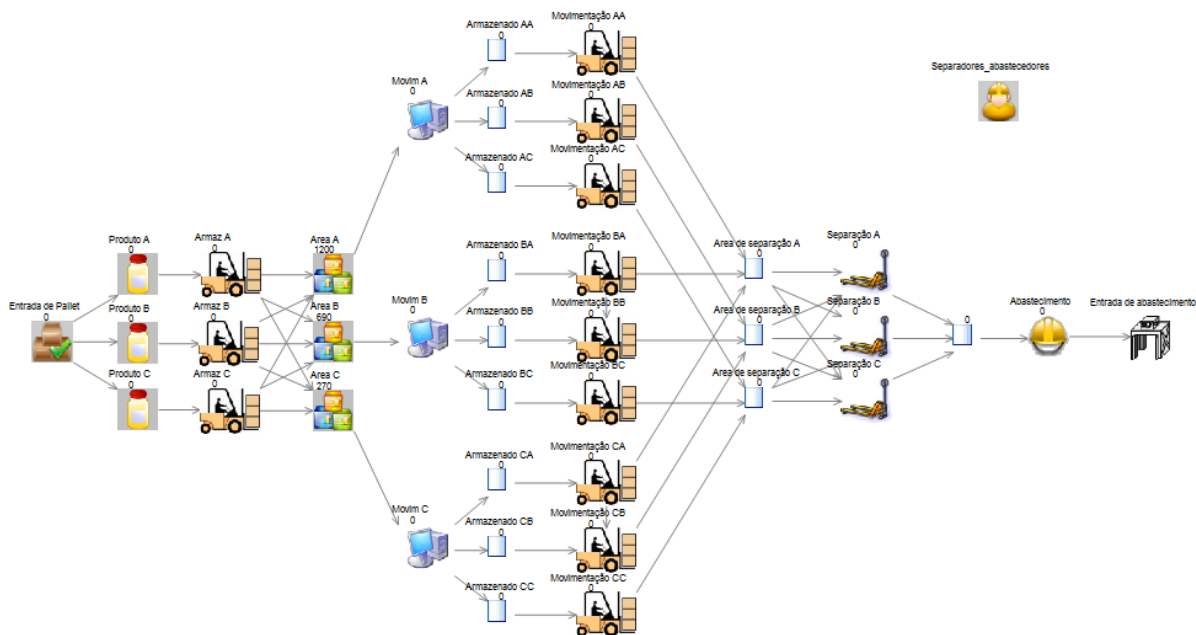
Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com o intuito de atingir os objetivos iniciais desse estudo, foram realizados alguns experimentos com base no modelo computacional do processo atual validado. Basicamente as mudanças propostas incluem a armazenagem de produtos pela classificação ABC, com critérios de maior demanda e giro de estoque, além de alterações propostas na atividade de separação. Nesta seção são demonstrados também os resultados gerados nas simulações e suas comparações. Foram gerados 3 cenários possíveis.

Neste primeiro cenário simulado foi analisada a proposta de disposição de produtos no armazém pela classificação ABC, dessa forma os produtos de alto giro (A) ficam mais próximos da entrada de abastecimento, dando agilidade na separação e conseqüentemente no abastecimento de linha, e a separação permanece com os mesmos recursos atuais acessando qualquer área de separação.

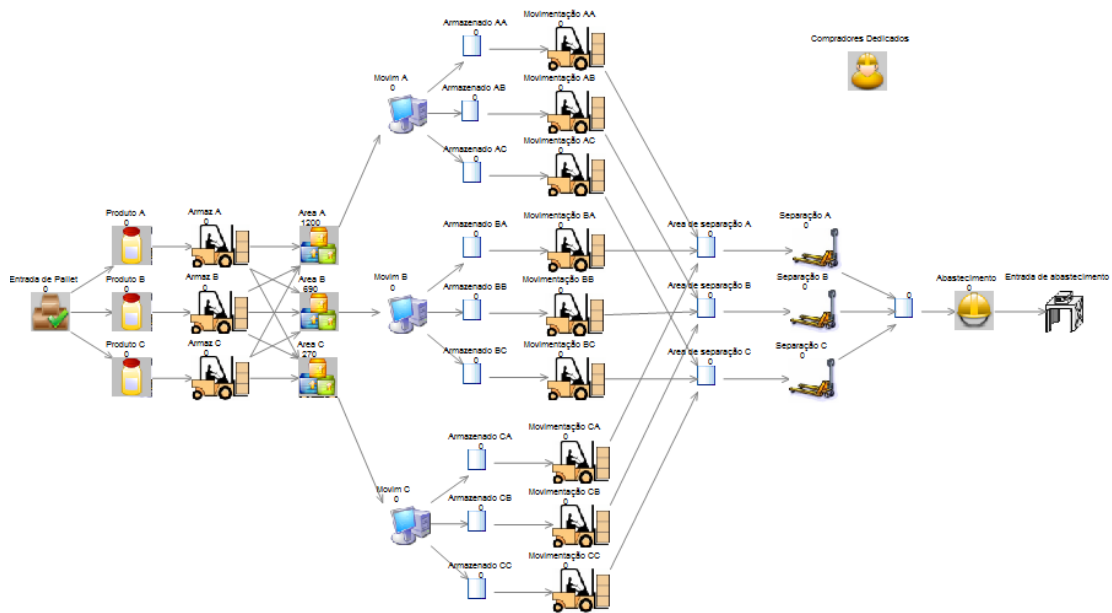
Figura 5 – Modelo computacional do Cenário 1



Fonte: Elaborado pelo autor

No segundo cenário experimentado, propõe-se que os separadores realizem a atividade cada qual em sua área de separação, de modo a ficarem dedicados para uma classe de produto específica.

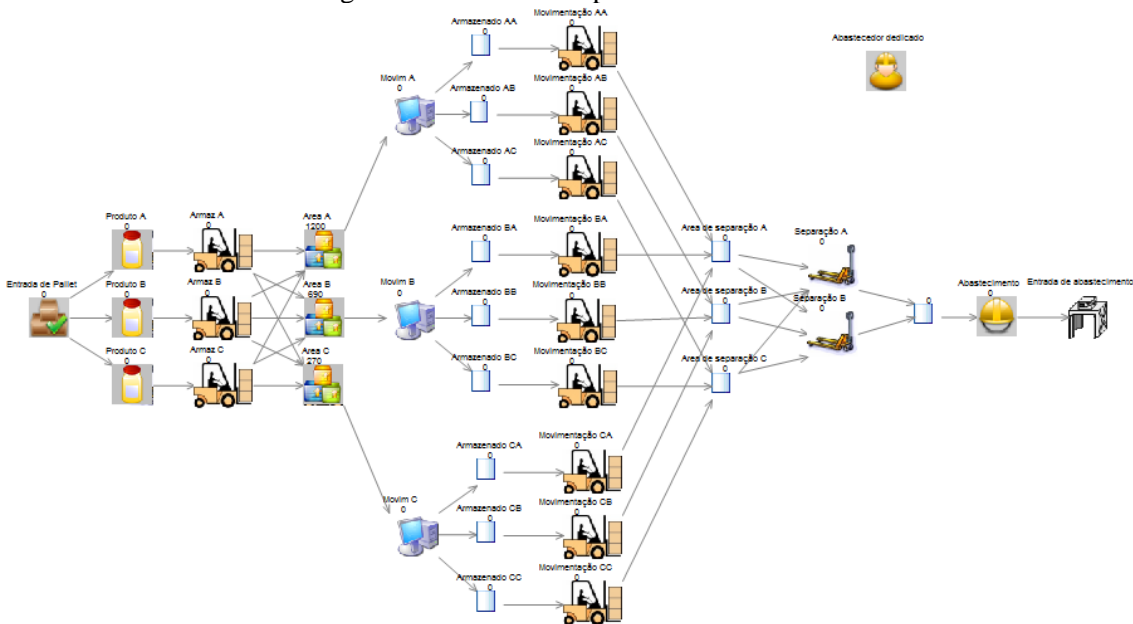
Figura 6 – Modelo computacional do Cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor

No cenário 3 foi experimentado o deslocamento de um recurso de separação para exclusivamente realizar a atividade de abastecimento de linha.

Figura 7 – Modelo computacional do Cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 5 apresenta um comparativo entre os indicadores estabelecidos para análise e tomada de decisão. São apresentados os resultados médios, valores arredondados, e logo abaixo o intervalo de confiança, com nível de confiança de 95% e margem de erro em 5%.

De modo geral ambos os cenários atendem a demanda da operação em termos de armazenagem e movimentação de materiais, inclusive o processo atual, porém o cenário 3 é descartado, uma vez que não atinge o objetivo desse estudo de aumento da quantidade de caixas abastecidas na linha de produção, sendo ineficaz para atender a demanda atual do centro de distribuição.

Entre os experimentos realizados o cenário 2 alcançou os objetivos estabelecidos com um aumento de aproximadamente 11% (245 caixas) de caixas abastecidas em relação ao processo atual. Esta quantidade de caixas representa aproximadamente 50% da produtividade de um recurso. As alterações propostas no processo impactaram positivamente também na performance de armazenagem com ganhos acima de 50%, de 180 para 274 pallets armazenados, em média. Percebeu-se uma queda na quantidade de pallets movimentados, este fato não é ofensor para a separação, dado que as movimentações são direcionadas para produtos que serão utilizados no processo seguinte e não ficarão parados em estoque gerando desperdícios de espaço, movimentação e excesso de estoque.

Tabela 5 – Comparação dos resultados dos cenários simulados

KPI	Processo atual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
<b>Tempo de operação (min)</b>	840	840	840	840
<b>Pallets armazenados</b>	180	274	274	274
	(160,47;199,53)	(233,53;314,77)	(235,55;312,44)	(234,76;313,24)
<b>Pallets movimentados</b>	113	221	65	58
	(96,76;129,24)	(186,48;255,52)	(57,21;72,78)	(51,54;64,46)
<b>Quantidade de separadores</b>	6	6	6	4
	(5,35;6,64)	(5,18;6,82)	(5,22;6,77)	(3,63;4,36)
<b>Quantidade de OT's</b>	692	715	765	479
	(605,02;778,98)	(632,92;797,08)	(689,34;840,66)	(413,90;544,10)
<b>Quantidade de caixas abastecidas</b>	2325	2404	2570	1611
	(2087,6;2562,4)	(2192,9;2665,1)	(2361,3;2778,7)	(1451,5;1770,5)

Fonte: Elaborado pelo autor

Destaca-se que no Cenário 2 o intervalo de confiança da quantidade de caixas abastecidas, mesmo tendo interseção com o intervalo de confiança do processo atual,

demonstra uma amplitude menor (474,8 no atual e 417,4 no cenário 2), isto significa que este cenário propicia uma maior confiabilidade em relação a este indicador.

Como o objetivo destas análises era verificar se em algum cenário obter-se-ia ganho de produtividade no abastecimento de linha de produção, pode-se verificar que o cenário 2 é o mais indicado para a mudança organizacional preterida. Neste cenário 2, tem-se o maior valor de quantidade de caixas abastecidas e poucos pallets movimentados em relação ao cenário 1, já que o cenário 3 foi descartado devido à baixa produtividade neste mesmo indicador.

Pode-se concluir que as mudanças providas no cenário 2, com cada funcionário atuando em uma área específica, tem maior ganho de produtividade, a seguir, o cenário 1, no qual o layout dos produtos foi alterado também de acordo com o ABC, mas permitindo que os funcionários pudessem atuar em todo o armazém.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo principal deste estudo se relaciona com a aplicação da simulação computacional e a utilização dos conceitos de curva ABC aplicada em depósitos de centros de distribuição, de modo a melhorar significativamente a organização do depósito desde o processo de armazenagem, passando pelas atividades de movimentação de materiais e separação, objetivando o aumento de produtividade no abastecimento de linha de produção.

Analisando o processo como um todo, identificou-se que havia uma ociosidade na atividade de armazenagem, devido ao processo ser realizado de forma aleatória, ou seja, não havia distinção do tipo de produto, tampouco era verificado o giro do material. Logo, as áreas nobres do depósito continham produtos de baixíssimo giro, havendo possibilidade de ganhos no abastecimento de linha, uma vez que os itens de alto giro estivessem mais próximos da área de abastecimento. Entretanto a organização do armazém por si só já traria um ganho qualitativo de organização.

As mudanças sugeridas se baseiam nos conceitos da curva ABC aplicada à logística de armazenagem e simulação de mudanças no processo através da simulação computacional, dado a relevância e criticidade do impacto que se pode gerar em simular cenários no processo real implantado.

Foi utilizado nesse estudo o software Simul8, que possui fácil usabilidade e que atendeu de forma satisfatória a modelagem do processo atual e suas complexidades. Este caso pode corroborar para a comprovação de que é possível modelar sistemas complexos da área logística. O modelo do processo atual foi validado devido à proximidade dos dados de saída gerados pela ferramenta com os reais, trazendo mais confiabilidade para a tomada de decisão. Os resultados apresentados pelos experimentos realizados demonstraram que é possível ganho de produtividade como os mesmos recursos, realizando alterações nos processos que a princípio se mostravam estarem no ponto ótimo.

Dentre os ganhos que se julga relevante é o aumento da quantidade de caixas abastecidas na linha de produção, representando quase 11%, sendo, aproximadamente 50% da capacidade produtiva de um operador. É extremamente pertinente citar também a redução obtida do trajeto percorrido pelos separadores, devido à concentração dos itens de alto giro próximos da linha de separação, algo que não ocorre no processo atual devido à pulverização dos produtos no depósito.

Pontos que não foram considerados neste estudo estão relacionados ao tempo de ociosidade por baixa demanda, a falta de recursos, paradas de sistemas e ausências. Uma vez que esses eventos são esporádicos e não comprometem o estudo.

Para estudos futuros sugere-se a criação de um modelo que simule um cenário com a capacidade de armazenagem acima de 95%, para análise do comportamento da armazenagem e movimentação de materiais nesse contexto, a fim de comprovar e suportar a organização do armazém pela curva ABC em depósito abarrotado e manter a capacidade produtiva de abastecimento de linha com os mesmos recursos, considerando também os pontos não abordados nesse estudo a exemplo da falta de recursos, paradas inesperadas de sistemas.

## WAREHOUSE MANAGEMENT AND MATERIALS HANDLING THROUGH DISCRETE SIMULATION: A CASE STUDY

**ABSTRACT:** The better execution of the operations inside a warehouse can mean a competitive differential of great impact in the logistics of a company. To be a reference in the field, in a scenario of globalized markets is one of the motivations for companies to seek operational excellence. In this context, the improvement of the processes becomes a priority action for the identification of waste and to the optimization of resources, especially in the current reality of cost cutting. This work presents a case study, combining the application of the ABC curve of product movement within a warehouse and a computational simulation of the operations of handling, storage and picking, in a logistics distribution center (CD), using the software SIMUL8®. The study presents propositions for the organization of warehousing related to the demand of movement of the products as the parameter to establish the best position in the warehouse for each product class, the tasks executed by the employees, with changes in the operational rules of the activities. Three scenarios were generated for the simulation. The objective is find a scenario that yields the productivity increase in the supply of the production's line, as well as to study the improvements in the processes of storage, movement and separation of materials. These simulations help the comprehension of the changes, without incurring in operating costs if changes were tested in practice. In the scenario where the layout correction is applied through the results of the ABC method and then each employee is allocated in a certain region of the warehouse (picking by zones), the process is more effective. This scenario generates, on average, 11% gains in the number of separated boxes, without increasing the number of warehouse employees and decreasing the amount of pallets moved.

**Key-words:** Computational Simulation, Warehousing, ABC Curve.

## REFERÊNCIAS

ANSARI, M.; SMITH, J.S. Warehouse Operations Data Structure (WODS): A data structure developed for warehouse operations modeling. **Computers & Industrial Engineering**. Volume 112, Pages 11-19, October 2017.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BUČKOVÁ, M.; KRAJČOVIČA, M.; EDL, M. Computer Simulation and Optimization of Transport Distances of Order Picking Processes. **Procedia Engineering**. Volume 192, Pages 69-74, 2017.

CARVALHO, L. S. **Análise das potencialidades e vantagens do uso da simulação computacional em operações logísticas complexas como ferramenta de auxílio à tomada de decisões**: Estudo de caso em uma organização industrial. 114f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) - Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006

CASSEL, R. A.; CARMO, F. D. C. F.; CAMPANA, F. L.; RITTER, F. J.; SILVA, M. H. C. M. **Simulação da logística interna da área de armazenagem de uma empresa do setor moveleiro**. In: ENEGEP, Curitiba, PR, 2002.

CHAN, F.T.; CHAN, H.K. Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. **Expert Systems with Applications**, 38 (3), pp. 2686-2700, 2011.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**: Teoria e aplicações. 3.ed. São Paulo: Edição do Autor, 2010.

FILGUEIRAS, G. M.; AZEVEDO, T. C. C. S.; CARMO, L. F. R. R. S.; WINKLER, H. **Lean Warehousing**: Um caso de um centro de distribuição atacadista. In: ENEGEP, Fortaleza, CE, 2015.

GIANNIKAS, V.; LU, W.; ROBERTSON, B. MCFARLANE, D. An interventionist strategy for warehouse order picking: Evidence from two case studies. **International Journal of Production Economics**. Volume 189, Pages 63-76, 2017.

JUNIOR, J. P. L.; SANTOS, C. W. A.; BERTOLUCI, E. A. **Aplicação do software Arena numa linha de produção de calçado para melhoria do tempo e produtividade**. In:

---

Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 9, n. 18, p. 22-47, 2017.



SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2015, São Paulo. Anais... São Paulo: SIMPEP, 2015.

LU, W.; MCFARLANE, D.; GIANNIKAS, V.; ZHANG, Q. An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations. **European Journal Operations Research.**, 248, pp. 107-122, 2016.

MAIA, F. G. M.; LUCHE, J. R. D.; MARINS, F. A. S.; RIBEIRO, N. S. **Análise do projeto de expansão de um armazém por meio da elaboração de um layout e análise de investimento:** Estudo de caso em uma fábrica do setor alimentício. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2014, São Paulo. Anais... São Paulo: SIMPEP, 2014.

NEGAHBAN, A.; SMITH, J.S. Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. **Journal of Manufacturing Systems**, 33 (2), pp. 241-261, 2014.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em simulação.** 3.ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2003.

ROCHOL, J. **Comunicação de Dados.** Porto Alegre, Ed. Bookman, 2012.

SILVA, G. Q.; FREITAS, F. R.; TOZI, L. A.; NASCIMENTO, M. V. **Análise de estratégias de separação aplicada a armazém de empresa de autopeças por meio de simulação discreta.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 12., 2015, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SEGET, 2015.

SOARES, J. P. M.; LEMOS, F. O.; ARAÚJO, C. L. K.; HANSEN, P. B. **A contribuição da simulação computacional para a análise sistêmica da reestruturação de layout e otimização de recursos na manufatura celular:** estudo de caso em uma célula de uma empresa do ramo automotivo. *Produto & Produção*, vol. 12, n. 3, p. 49-68, out. 2011.

TINELLI, L. M. **Otimização do posicionamento de produtos acabados em armazéns inteligentes.** 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de engenharia mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

TORGA, B. L. M.; MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, A. F. **Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, São Paulo. Anais... São Paulo: SIMPEP, 2006.

VAGO, F. R. M.; SOUZA, C. V.; MELO, J. M. C.; LARA, J. E.; FAGUNDES, A. F. A.; SAMPAIO, D. O. **A importância do gerenciamento de estoque por meio da ferramenta curva ABC.** Revista Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria, RS, v. 26, n. 03, set/dez 2013, p. 638 – 655.

VRIES, J.D.; DE KOSTER, R.; STAM, D. Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking. **International Journal Production Research**, 54, pp. 2260-2274, 2016.

Originals recebidos em: 12/08/2016

Aceito para publicação em: 04/09/2017