

## **Métodos de Simulação – Uma Proposta para uma Operação de Cross- Docking de 3º Nível**

PEDRO ROQUINI

Fatec Guarulhos – São Paulo – Brasil  
pedro.roquini@fatec.sp.gov.br

CAIO FLAVIO STETTINER

Fatec Guarulhos – São Paulo – Brasil  
cstettiner@gmail.com

JOÃO ROBERTO MAIELLARO

Fatec Guarulhos – São Paulo – Brasil  
joamaiellaro@yahoo.com.br

**Resumo** – Este artigo faz uma análise sobre a aplicação de Métodos de Simulação, utilizando como exemplo prático um caso de implemento de uma operação de Cross- Docking de 3º Nível. O estudo desenvolvido tem o objetivo de demonstrar quais são as qualidades em se obter resultados dos Métodos de Simulação, advindos de estudos quantitativos devidamente interpretados. Além disso, se podemos obter, ainda, um maior entendimento em um âmbito gerencial, de determinadas operações. Dessa forma, os tópicos serão apresentados em duas partes: Na primeira, serão abordados conceitos e técnicas sobre os métodos de simulação, e na segunda parte será proposto um possível ambiente para uma real simulação do sistema estudado.

**Abstract** – This article carries out an analysis on the application of the Simulation Method, using a practical example a case of implement of a 3rd Level Cross-Docking operation. The study developed here has as its aim to show the advantages of obtaining results from quantitative studies, such as the Simulation Methods and how a correct interpretation thereof can provide us with a better understanding of some operations in a managerial scope. The topics will be presented in two parts: In the first part, the simulation methods concepts and techniques will be addressed and in the second part, a realistic environment for an actual simulation of the system under study will be proposed.

**Palavras-chave:** Métodos de Simulação, Ferramentas de Análise, Cross-Docking de 3º Nível, Implementação de Processos.

## **Introdução**

Os recentes trabalhos desenvolvidos, em geral, na área de logística, procuram criar formas e métodos cada vez mais precisos que auxiliem na tomada de decisão. Os gestores desenvolvem suas atividades em organizações diversificadas, se deparam com situações de, quando colocados à prova, precisarem mostrar sua capacidade de serem flexíveis.

Nesse sentido, a atual política gerencial das organizações mantêm um relacionamento estreito com seus clientes e fornecedores, e suas respectivas Cadeias de Abastecimento obrigam os mesmos a um constante planejamento e previsões diversas para sua efetiva produtividade, até mesmo para que possam se manter competitivas no mercado. O modelo de gestão, para essa nova época, ultrapassou qualquer delimitação cultural e geográfica, já podendo ser vista como impactante entre diferentes economias. Nesse contexto, encontramos a necessidade de contribuição da logística moderna, que exerce sua função em abastecer e satisfazer necessidades de regiões que sejam carentes em recursos, fazendo assim a troca das capacidades econômicas de cada região. Para confirmar o raciocínio, Ballou (1993) disse que na economia mundial os sistemas logísticos eficientes formam bases para o comércio e a manutenção de um alto padrão de vida nos países desenvolvidos.

O mundo industrializado já nota a importância de que os responsáveis por planejamentos, em variadas áreas da economia, se dediquem ao aperfeiçoamento das suas atividades, munidos de tecnologias e capacidade para inovar.

É necessário que o pesquisador em logística tenha em mente que seus fenômenos estudados nunca serão obrigatoriamente os mesmos, ou seja, é preciso considerar que os processos logísticos se transformam de acordo com a requisição de uma necessidade.

Para um correto e eficaz desenrolar das atividades logísticas, segundo Ballou (1993), é necessário que após o planejamento de um projeto haja dados concretos para que torne sua implementação viável e lucrativa, e o seu controle deve ser preventivo.

Tendo em mãos informações precisas, podemos prever situações e projetar o comportamento de variáveis, em um âmbito interno ou externo de uma organização. Dentre várias modelagens modernas utilizadas na gestão de uma Cadeia de Abastecimento, existem os métodos de simulação.

A literatura da logística descreve a possibilidade de prever incertezas e simular cenários. Com informações numéricas, colhidas anteriormente, é possível simular futuros acontecimentos, resultantes de diversificadas decisões. Em outras palavras, podemos usufruir de modelos matemáticos para que se obtenha uma visão mais ampla de possíveis e diferentes cenários. Sendo assim, de acordo com Winston(1991), a simulação é uma ferramenta amplamente utilizada na análise de sistemas complexos. Da mesma forma, LAW(2007) acredita que o uso da simulação encontra justificativas nos casos em que a complexidade encontra-se em elevado grau.

Em um cenário de mercado caracterizado pela agilidade em disponibilizar produtos e serviços em pleno funcionamento, as empresas ganham em simular cenários relacionados aos ganhos e ao tempo.

## **Conceituando Simulação e seus Recursos Gerenciais**

Não diferente do que seu próprio nome sugere, os métodos gerenciais para

simulação também significam analisar informações que podem não ser reais para obter, ao menos, algum entendimento sobre algum caso, momento ou cenário.

Um estudo baseado nas ferramentas de simulação pode mostrar fatores da função observada que não são percebidas, no que se refere ao corriqueiro. O andamento da simulação irá tornar claro como será a reação de determinadas qualidades do processo em um cenário variável ou hipotético, enquanto que sua conclusão mostrará se o processo é produtivo e quais são as possíveis melhorias.

Deverá ficar claro que os métodos utilizados para simulação, sejam eles quais forem, não apresentarão resultados concretos e precisos a fim de que sejam referência de atitudes tomadas pelo gestor, mas mostrarão sim quais são as possibilidades para diferentes casos. Portanto, o estudo mostrará apenas caminhos hipotéticos, daí a necessidade de um raciocínio flexível por parte do planejador que deverá interpretar o estudo ao modo que lhe convém, assim, o sucesso do projeto dependerá meramente dessa sua qualidade e capacidade de posicionamento.

O passo inicial para a criação de um modelo de simulação deve partir de sua necessidade. Isto é, fixar a razão ao objetivo do estudo e quais os parâmetros a serem estudados. Uma simulação pode focar alguma medida de desempenho como, por exemplo, de determinado processo de elevação de carga, assim como o tempo que os funcionários utiliza para operar as máquinas levantadoras, e o método de simulação utilizado precisa ser específico.

Segundo Leonardo Chwif(1999), os modelos de simulação podem ser classificados de duas formas:

**a) Modelos Estocásticos:** São os modelos que utilizam variáveis aleatórias para validação do programa de simulação

**b) Modelos Determinísticos:** Trabalham com variáveis do tipo não probabilísticas. Por essa forma, não importa quantas forem as rodadas de simulação executadas, seu resultado será sempre o mesmo.

A maioria dos modelos utilizados por analistas e gestores se enquadram no estilo de modelo Estocástico, por apresentar diferentes possibilidades em cada rodada de simulação.

Referimo-nos a “rodadas de simulação” quando repetimos variadas vezes o mesmo modelo com diferentes números aleatórios. Cada rodada poderá mostrar diferentes possibilidades, o que é um dos pontos fortes em um estudo com simulação.

## **Passos em um Estudo com Simulação**

Da formulação do problema até a análise conclusiva dos resultados, foi necessário escalonar o processo em alguns passos. Usamos neste artigo o modelo proposto por Law(2007).

No primeiro passo, identificamos o problema e planejamos o estilo do estudo.

Iniciou-se a coleta de dados no segundo passo. Nesta etapa o problema já se apresentou mais claro quanto à sua complexidade.

No terceiro passo analisamos se o modelo conceitual representou fielmente a situação real estudada, se não, seria necessário rever os passos anteriores.

Se o modelo proposto representar fielmente a situação real, começaremos o quarto passo. Nessa etapa, escolheremos os modelos matemáticos para o desenvolvimento da análise e sua tradução para um modelo computacional.

Com esse modelo elaborado, iniciaremos no quinto passo as rodadas de teste.

No sexto passo, verificaremos, agora, se esse modelo analítico e computacional é

válido, se não, retornar ao segundo passo exemplificado anteriormente.

Se o modelo programado for válido, iniciaremos o sétimo passo. Nesta etapa, projetamos o modelo analítico e computacional ao experimento. Aqui o objetivo é enquadrar os meios de pesquisa desenvolvidos no ambiente estudado, melhorando o entendimento do sistema.

O oitavo passo é a etapa em que realizaremos as rodadas válidas.

Iniciaremos o nono passo quando for possível verificar os dados de saída do modelo e os seus resultados.

E, por fim, o décimo passo é onde documentamos os dados de saída que a simulação nos proporcionará. Como já explicado, utilizaremos os dados como apoio na tomada de decisão gerencial.

Reparemos na figura 1:

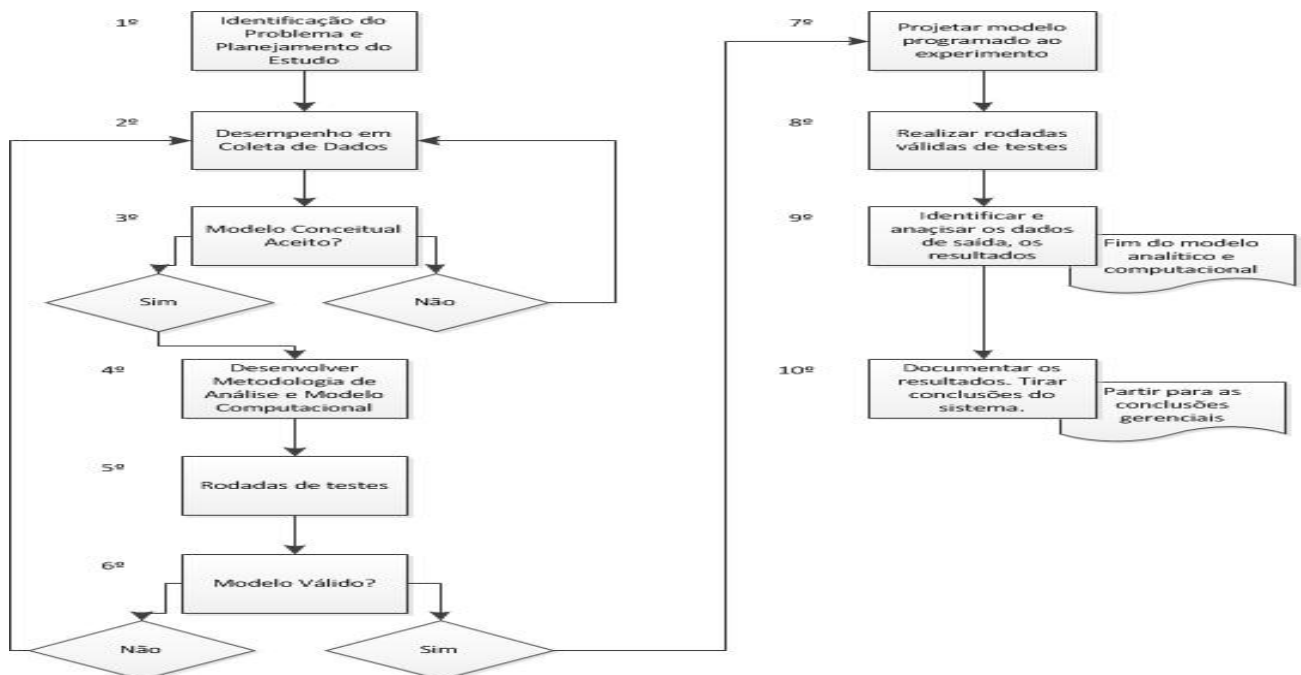


Figura 1 – Passos para Modelagem Conceitual: Law (2007).

## O Modelo Conceitual

O Modelo Conceitual é um sistema que pretende demonstrar fielmente a ligação entre todos os componentes que irão ser estudados. Este se apresenta por formas, ou desenhos, que configurem o ambiente físico do estudo.

Este modelo forma um fluxograma quando concluído, mostrando em passos as etapas que constituem a complexidade do sistema.

Segundo Harrel e Tumay (1994) um modelo fiel ao sistema deve possuir duas características básicas, as quais são:

**a) Válido:** O modelo mostra com certeza a realidade.

**b) Mínimo:** O modelo inclui apenas as etapas que serão analisadas no estudo.

Essa modelagem é essencial para o estudo de simulação, e encontraremos nela o entendimento visual e qualitativo do sistema físico. Logo, não nos fornecerá informação quantitativa alguma, esta ficará a cargo dos modelos analíticos apresentados no próximo capítulo.

Quanto aos exemplos de uma Modelagem Conceitual, faremos sua elaboração no estudo de caso, apresentado na segunda parte deste artigo.

### **Modelos Matemáticos nos Métodos de Simulação**

Trata-se de uma ferramenta de considerável abrangência, e é utilizada por analistas e gestores que pretendem adquirir uma visão maior dos possíveis acontecimentos, decorrentes de suas decisões. Com os modelos conceituais e recursos matemáticos que já estão disponíveis pela literatura, o profissional que optar por adicionar, ao seu método de gestão, tais recursos, estará apto a tomar decisões mais concretas e fundamentadas, uma vez que o estudo lhe apresentará uma visão sobre os possíveis acontecimentos.

Já disse Pidd(2004), que um dos resultados gerados pela aplicação dos métodos de simulação é o aumento de conhecimento, e ocorre primeiramente na estrutura e modelagem do problema, sendo o próximo momento o entendimento e a elaboração das devidas conclusões sobre o modelo programado. Em outras palavras, no primeiro passo elaboramos o estudo do cenário existente, gerando o problema e identificando as características do processo, e no segundo passo devemos notar quais foram os aprendizados durante o desenvolvimento e execução do evento programado.

### **Modelos Matemáticos**

A problemática do estudo deve focar-se no sistema a ser analisado. Um sistema é um agrupamento de partes que operam juntas, visando um objetivo em comum, como afirma Forresters (1968). A partir desta observação, podemos concluir que o sistema estudado terá diferentes peculiaridades, mesmo fazendo parte de um mesmo conjunto, onde cada método aplicado para seu entendimento deverá ter um foco próprio para o sub- processo.

Os exemplos de alguns modelos matemáticos são:

**a)** Modelo de Monte Carlo: Para Nance (1993), este é um modelo utilizado com o auxílio de variáveis aleatórias, pois inexiste as informações de tempo nesse método. A aplicação é viável quando o processo apresenta informações referentes à frequência dos acontecimentos. O modelo será exemplificado no desenvolvimento do estudo proposto por este artigo mais à diante.

**b)** Distribuição de Poisson: Desenvolvida pelo matemático francês Siméon Denis Poisson(1838). Embora seja inicialmente criada para ser utilizada nas áreas de física e estudos com culturas de células, seus mecanismos são também muito bem aceitos nos estudos com simulação de mecanismos de engenharia. A Distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade discreta, na qual as conclusões surgem a partir de resultados de uma média numérica já existente. A função da Distribuição de Poisson representa o número de eventos que ocorrem aleatoriamente em um tempo fixo e uma taxa média  $\lambda$ . Apresenta- se da seguinte forma:

$$P(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (1)$$

**FIGURA 2** – Função da Distribuição de Poisson: Poisson (1838)

Entendendo melhor a função:

e é o número que corresponde à base do logaritmo natural ( $e = 2,71828\dots$ ).

$K!$  Sendo o fatorial.

$\lambda$  é o número esperado pela ocorrência. Se em determinado estudo entendermos que determinado processo ocorre a cada 10 minutos, e se estivermos interessados em descobrir qual é a frequência em 1 hora, entendemos que  $60 \text{ minutos}/10 \text{ minutos}$ , então  $\lambda = 6$ .

Para a análise efetiva dos resultados com o auxílio deste modelo, devemos considerar que o processo de cálculo deve ser feito para cada intervalo (sendo  $K = 0, 1, 2, 3\dots$ ).

## Os Métodos Computacionais

Os Modelos Computacionais nada mais são que uma continuidade dos modelos analíticos, sendo os animadores, por assim dizer, do programa de simulação.

Os Modelos Analíticos são limitados pela sua abordagem, que é de transformar as diversas informações em funções e equações matemáticas. Embora os modelos Analíticos possam ser solucionados manualmente, o processo tornar-se-ia deveras demorado se levarmos em conta quão numerosas seriam as rodadas de simulação à serem executadas.

Para que haja efetividade em uma modelagem computacional, Balci (1992) interpretou que existe a necessidade de formatar todos os dados colhidos até o presente momento em um Ambiente de Simulação. O Ambiente de Simulação é um conjunto integrado de sistemas, softwares e hardwares, que automatizam o tempo de vida do programa de simulação.

Os softwares podem ser específicos para os Modelos Analíticos, por apresentarem maiores recursos e menores tempos na execução das rodadas de simulação. A contribuição de um resultado obtido por um software simulador está em seu desempenho independente, ou seja, este necessita apenas ser alimentado com as informações colhidas, encarregando-se de efetuar a simulação sobre sistema e, finalmente, emitir o relatório dos resultados.

## Simulação em uma operação Cross- Docking de 3º Nível

Diz a literatura que as operações, dentro de um armazém, em que há separação e reembalamento de produtos específicos são consideradas Cross Docking de Terceiro Nível. E é este tipo de atividade que iremos estudar agora.

O Operador Logístico, que chamaremos de LOGX, possui um Centro de Consolidação de Cargas (CCC) em Guarulhos- SP, onde atende um dos seus maiores clientes, a Y CAMINHÕES, conceituadíssima empresa montadora de caminhões. O CCC tem função de receber diversas peças automotivas de diversos fornecedores, consolidá-las, e reenviá-las à Y CAMINHÕES. Esta operação é considerada de Cross Docking de Segundo Nível, por se basear apenas na separação da carga para seu envio. O estudo com ferramentas de simulação fará parte, neste estudo, da implementação do projeto de Cross- Docking de Terceito Nível.

A princípio, a Y CAMINHÕES recebe suas peças em embalagens que não possuem um padrão entre si, o que dificulta e atrasa os tempos em suas atividades de produção. Para que o Float de produção seja atendido, as peças devem entrar no sistema em embalagens KLT, que mesmo em diferentes modelos possuem um padrão

de encaixe. São quatro os modelos de caixas KLT utilizados pela Y CAMINHÕES:



**FIGURA 3** – Embalagens KLT utilizadas pela Y CAMINHÕES.

A Y CAMINHÕES estabelece que estes quatro modelos devem estar presentes em seu Float, padronizados na cor azul.

Ou seja, as peças chegam no centro fabril em pacotes ou caixas desqualificadas pela Y CAMINHÕES, e as peças precisam ser acomodadas nas embalagens KLT para adentrarem na linha de produção. Esta atividade gera gastos em mão-de-obra que não está focada no Core-Business da empresa, além de gerar possíveis prejuízos por atrasos na linha de produção.

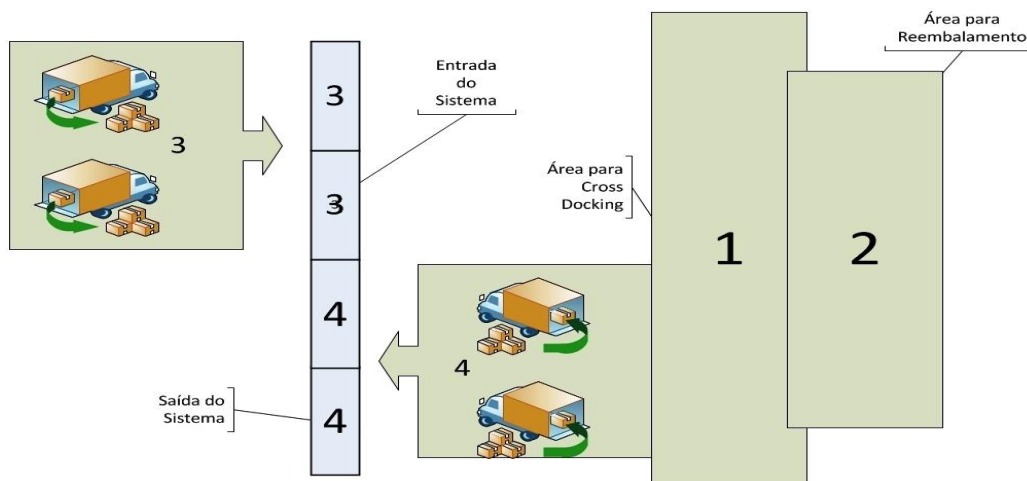
O projeto proposto pelo operador logístico, a LOG X, é de efetuar esta atividade de reembalamento em seu próprio CCC. A LOG X desenvolverá o projeto junto com seu cliente e os fornecedores do mesmo, fortalecendo sua política de Comakership em propor melhorias contínuas, cumplicidade e comprometimento, o que já faz parte de sua política organizacional.

Nesse sentido, para dar prosseguimento em nossos estudos, levaremos em conta as seguintes informações:

- a) Os volumes recebidos são transferidos para a área de reembalamento no CCC;
- b) As peças são separadas, há pesagem em balança ou contagem física como forma de conferência das peças recebidas;
- c) As quantidades unitárias são acomodadas nas KLT's pré-definidas.
- d) Efetua-se empilhamento trançado das caixas em páletes do tipo PBR, para transporte, até dois páletes de altura. Para estocagem, até três páletes de altura.

### Compreendendo o Sistema – O Modelo Conceitual

Com base no que Law (2007) propôs sobre Modelagem Conceitual, este é o modelo do sistema estudado:



## FIGURA 5 – Modelo Conceitual CCC LOG X.

Elaborado o Modelo Conceitual para nosso estudo, nos atentaremos agora ao procedimento operacional:

**a)** O agente operacional deverá receber, no instante de *Inbound*, apenas uma nota fiscal para cada tipo de peça. O procedimento ocorre na etapa 3

**b)** A conferência, no ato do recebimento, deve ter como base as informações contidas em nota fiscal. O procedimento ocorre na etapa 3.

**c)** O conferente deverá emitir etiquetas em quantidades múltiplas, em uma relação entre o número de peças que serão acomodadas em um dado número de caixas. Anexar as etiquetas na nota fiscal e acompanhar as peças junto ao reembalamento. O procedimento ocorre na etapa 3.

**d)** Encaminhar as peças para a área de reembalamento. Esta será a etapa 2.

**e)** Retirar as peças de suas respectivas embalagens, ainda, não padronizadas e acomodá-las em sua caixa KLT correspondente. O procedimento ocorre na etapa 2

**f)** Acomodar as caixas KLT, já com as peças, em páletes do tipo PBR. O empilhamento de ser de 2 páletes de altura para transporte, e 3 páletes de altura para armazenagem. O empilhamento não pode ultrapassar de 1m de altura, por exigências técnicas estabelecidas pela Y CAMINHÕES. A acomodação deve ser feita de forma trançada, e assegurada com cintas plásticas. Este procedimento ocorre na etapa 2.

**g)** Identificar o pálete com o número de caixas e peças contidas. Este procedimento ocorre na etapa 3.

**h)** Encaminhar a carga para a área de Cross-Docking. Esta será a etapa 1.

**i)** A área de Cross-Docking possui marcações no chão, em formato 2D, que representam as dimensões em área de um reboque. Comumente chamado de boneco, essa região fica à disposição para que sejam acomodados os páletes empilhados, esperando para serem expedidos. Um boneco lotado representa um reboque lotado, portanto, a lotação do boneco caracteriza que uma unidade de transporte já está consolidada, em termos volumétricos, sendo desprezado o fator peso. Assim, temos o processo de Cross-Docking concluído. Este procedimento ocorre na etapa 1.

### Aplicando os Métodos de Simulação

Em primeiro lugar, precisamos considerar quais as atividades que serão simuladas.

O estudo de campo capturou informações que consideram o tempo como fator predominante nas atividades do CCC. Mas faremos algumas perspectivas para uma real necessidade quanto à aplicação do modelo simulador.

### Etapas 1 e 2

Nas etapas 1 e 2, que configuram o processo de Cross Docking de 3º Nível, que ainda será implementado, propõe utilizar o Modelo de Monte Carlo. Esse modelo é ideal para que possamos aplicar informações probabilísticas, quanto às suas porcentagens de ocorrência e hipotéticas.

A função da simulação nas etapas 1 e 2 consiste em entender como será o desenvolvimento cotidiano das atividades. Na atividade de reembalamento, a qual

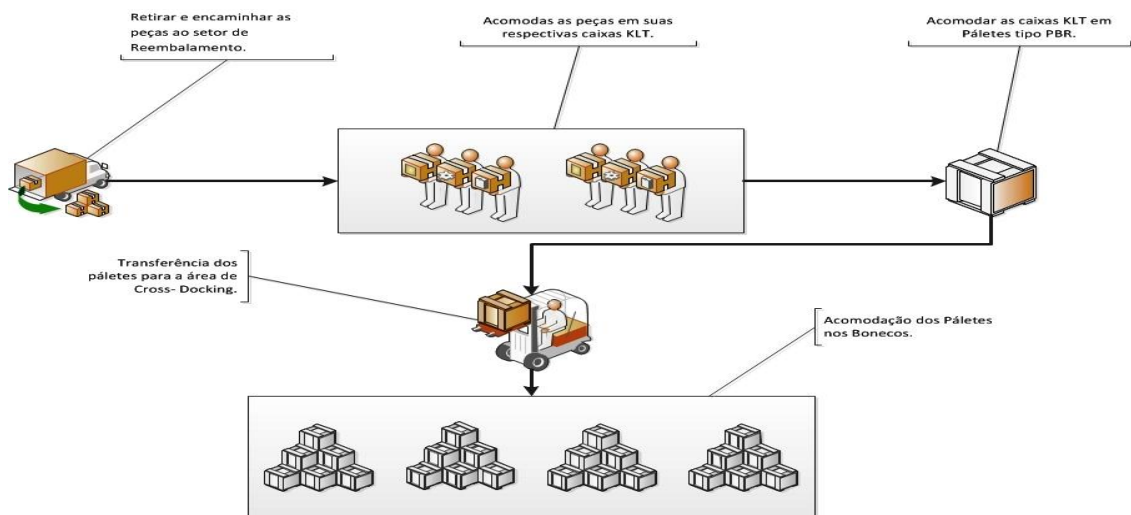


consiste basicamente em trocar as embalagens dos conjuntos de peças e efetuar sua movimentação, há de se verificar quais serão os tempos para o procedimento.

Em um modelo computacional viável, podemos realizar as rodadas de simulação por meio do reconhecimento das informações probabilísticas, reconhecidas como fiéis pelo coordenador do projeto piloto, ou seja, programar os possíveis cenários em um espaço de tempo determinado pelo operador do Software.

As incógnitas probabilísticas presentes nesta etapa do sistema para implementação no software são: Tempo utilizado para retirar as peças do veículo e direcioná-las até o setor de reembalamento; tempo utilizado para retirar as peças de suas embalagens primárias e acomodá-las em suas caixas KLT correspondentes; tempo utilizado para acomodar as caixas KLT, de acordo com as suas características em pálete PBR; tempo utilizado para acomodar os páletes carregados na área correspondente ao Boneco.

Visualizando o processo:



**FIGURA 6** – Análise de tempo por etapa.

### Etapas 3 e 4

As etapas 3 e 4 já existem no sistema e permanecerão sem alterações. A implementação de um modelo de simulação compatível com a realidade das atividades poderá fornecer uma maior compreensão do sistema. Logo, o correto entendimento dessas etapas do sistema é essencial para a continuação do processo gerencial de melhoria contínua.

As informações colhidas nessas etapas correspondem a uma média de tempo colhido em um espaço de tempo. A Distribuição de Poisson poderá mostrar qual será o comportamento da fila nessas etapas em um determinado horizonte de tempo.

Sendo assim, para entender o funcionamento das filas, observou-se que a etapa 3 representa o processo dos veículos que vem dos fornecedores, e se apresentam no CCC em uma quantidade maior do que a capacidade individual de atendimento das docas, formando a fila. Por outro lado, a etapa 4 representa o processo dos veículos da LOG X, que irão carregar as cargas, deixadas na etapa 3, para seu cliente Y CAMINHÕES. Ainda na etapa 4, é possível perceber que o número de veículos na fila é relativamente menor do que os presentes na etapa 3, mas o número de bonecos

presentes no CCC ainda é maior que o número de docas, causando espera no atendimento e formação de filas.

O modelo exige especificações quanto a essas atividades. Deve-se considerar que os veículos que participam da etapa 3 são dos fornecedores, e os veículos que participam da etapa 4 são da LOG X. Portanto, concluímos que cada etapa tem uma atividade de entrada e saída do sistema, ou seja, trata-se de um mesmo processo para duas atividades. Logo, é necessário que o mesmo modelo de simulação seja rodado para cada etapa, etapa 3 e etapa 4.

## Conclusão

Este projeto piloto de implementar uma operação de Cross-Docking de 3º Nível é o âmago de uma cultura inovadora, que deve estar essencialmente presente em qualquer organização que tenha comprometimento com seu desenvolvimento.

Nas etapas 3 e 4, os possíveis resultados decorrentes da simulação poderão firmar quais são os pontos em que existem gargalos, além de ociosidades do sistema, já que o procedimento exige fiscalização.

Nas etapas 1 e 2, representantes do projeto inovador no CCC, os resultados obtidos pela simulação poderão mostrar como será o comportamento da atividade no cotidiano, acrescentando a possibilidade de que se possa observar uma prévia dos maus acasos que, por ventura, virão a acontecer.

## Referências Bibliográficas

- [1] Ballou, R.H., (1987), " *Basic Business Logistics (2. ed)*", United States: Prentice-Hall INC.
- [2] CHWIF, L. (1999), " *Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua Concepção: Uma Abordagem Casual*", Tese de Doutorado, Área de Mecatrônica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [3] FERREIRA, F. F. de, BRAGHIROLI, L.F., ALBANO, J. F., PASA, G. S. (2008), " *Projetos de Terminais Intermodais de Cargas: Um Método Utilizando Ferramentas de Simulação*", Laboratório de Sistemas de Transporte, Laboratório de Otimização de Produtos e Processos, Rio Grande do Sul, p. 6-12.
- [4] JULIA, A. F. , BOTTER, R. C., (2010), " *Desenvolvimento de um Modelo de Simulação para Dimensionamento de um Sistema Integrado Pátio-Porto na Cadeia do Minério de Ferro*", Escola Politécnica da USP, São Paulo, p. 4-5.