



# ÁREA DE INSPEÇÃO DE MATERIAL SUSPEITO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

**Dayane Soares Paulino**  
**dayane.paulino@aedb.br**  
**FER**

**Washington de Macedo Lemos**  
**washington.lemos@aedb.br**  
**FER**

**Resumo:** Este artigo descreve o uso da Simulação aplicada à uma área de verificação de material não conforme, analisando tecnicamente os resultados apresentados para otimizar a mão de obra contratada e os fluxos definidos que atendem a demanda de produção de uma empresa automotiva. O artigo apresenta os resultados e as necessidades de ações específicas à área.

**Palavras Chave:** processos - simulação - arena - inspeção -

## ÁREA DE INSPEÇÃO DE MATERIAL SUSPEITO EM UMA INDUSTRIA AUTOMOTIVA

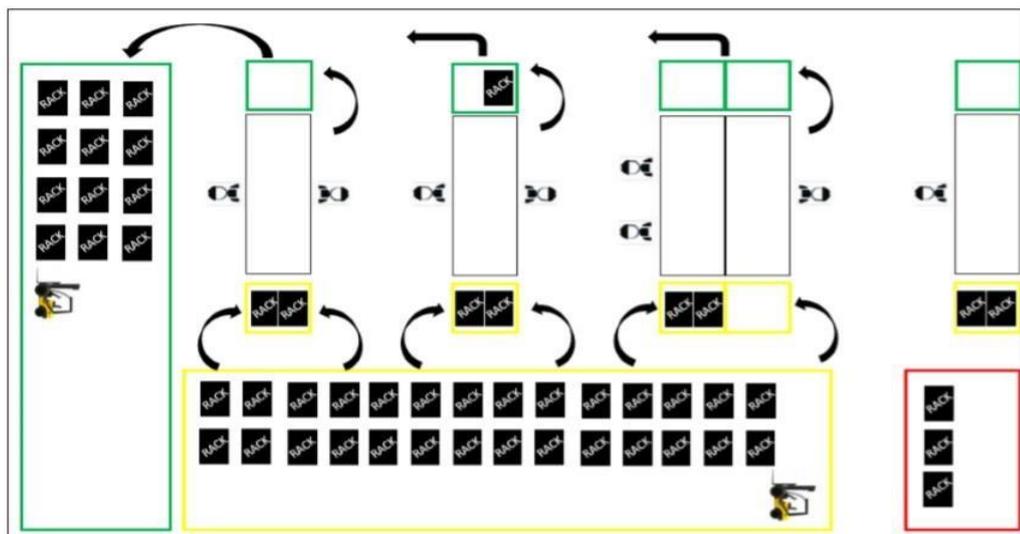
### 1. INTRODUÇÃO

Em uma empresa automotiva no interior do RJ todas as peças identificadas na linha de montagem dos veículos com alguma não conformidade, decorrente de falhas no processo do fornecedor, a área responsável pela qualidade de peças é acionada e com a finalidade de proteger o cliente é necessário iniciar uma contenção dessas peças através de uma inspeção de qualidade seja ela amostral ou contínua. Essas inspeções são realizadas em uma área específica, onde diversos modos operatórios são executados, devido à uma falta de gerenciamento adequado são diversos os problemas que ocasionam inclusive “fugas” nas inspeções. Após a coleta detalhada desses dados aplicando conhecimentos a respeito de Lean Manufacturing com auxílio da técnica da Simulação, problemas como mão de obra ociosa, atraso de inspeções diárias, excessos e faltas de referências inspecionadas, serão melhor gerenciados implementando com técnica e métodos as respectivas mudanças. Essa coleta de dados possibilitará a visualização da utilização da mão de obra, direcionando melhor o planejamento baseado no volume de produção diário, melhorando o controle de atividades afim de usar melhor cada uma das pessoas disponíveis e se necessário a contratação justificada baseada em dados de uma nova mão de obra.

### 2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Sempre com foco no cliente as atividades de garantia são realizadas em um espaço denominado pelo departamento de qualidade de Área de Inspeção, onde três empresas terceiras (vamos chama-las de Alpha, Beta e Ômega, mas os dados apresentados são de empresas reais) prestadora de serviço disponibilizam mão de obra para realizar essas contenções. Nas primeiras 24h de contenção a empresa Alpha é acionada e os débitos ficam por conta da Montadora e após esse período o fornecedor reconhecendo a falha deve acionar as empresas Beta ou Ômega para dar continuidade com sua respectiva mão de obra.

Essas três empresas são alocadas em um espaço reservado entre as colunas das áreas de logística com um layout que disponibiliza e demarca as áreas amarela (material suspeito), área verde (material verificado e garantido), bancadas de inspeção e área vermelha (material não conforme) conforme Figura 1.



**Figura 1:** Layout da Área de Inspeção  
Fonte: Autoria própria



A empresa Beta utiliza 3 bancadas, a empresa Alpha e Ômega 1 bancada cada. Cumprindo o regime de horas em dois turnos as empresas possuem suporte de um empilhadeira em cada turno que exclusivamente atende suas demandas de buscar as peças no estoque para iniciar inspeção e devolve-las após as garantias.

A empresa com maior volume de inspeção e movimentação diária é a empresa Beta que realiza 100% das inspeções de peças de iluminação (Faróis e Lanternas) dos modelos da Montadora, ao todo são 14 referências (códigos de identificação das peças nomeadas de Part Numbers):

- 4 Part Numbers de Faróis (duas do lado esquerdo LH e duas do lado direito RH) para o modelo A que são as maiores quantidades a serem inspecionadas por turno
- 2 Part Numbers de Lanternas para o modelo A
- 2 Part Number de Lanternas menores para modelo A
- 2 Part Numbers de Faróis para o modelo B
- 2 Part Numbers de Lanternas para o modelo B

Esse volume de peças de Iluminação corresponde a cerca de 80% do tempo de movimentação do empilhadeira. Devido a uma falta de controle de quantas peças dessas referências são necessárias por turno o empilhadeira recebe dos inspetores as quantidades e aloca os racks ocupando toda área amarela que deveria ter somente as quantidades de pelo menos 1 hora de inspeção para deixar o espaço liberado em caso de uma inspeção emergencial. Conforme as peças estão sendo garantidas pelas empresas, os inspetores vão disponibilizando na área verde, onde o empilhadeira deve leva-las para os estoques de borda de linha. O empilhadeira atende outras atividades do departamento e devido também a falta de organização e informação ele não consegue tempo hábil para guardar as peças garantidas da empresa Beta e disponibilizar outras peças para as empresas Alpha e Ômega concluírem o turno de inspeção.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

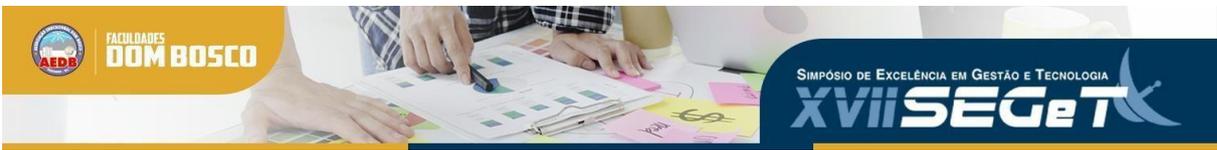
#### **2.1 SIMULAÇÃO E ARENA**

Simulação é uma técnica que analisa um sistema, evidenciando seu comportamento em uma escala menor, permitindo uma manipulação e um estudo detalhado dos dados através de modelos. Sendo aplicado como um estudo de baixo custo, a simulação testa e avalia todas as possíveis mudanças e consequências da análise de dados apenas no modelo computacional e não com um sistema real de produção.

De acordo com Pegden (1995), a simulação é uma das ferramentas mais poderosas de análise disponíveis para os responsáveis por projeto e operação de processos complexos ou sistemas. No mundo atual de estratégias tão factíveis a competitividade ela é vista como uma metodologia valiosa e indispensável de solução de problemas para engenheiros, projetistas e gerentes.

O software ARENA se trata de uma ferramenta utilizada na Simulação, que engloba a lógica e animação para serem aplicada a análise estatística. Um ambiente virtual que modela visualmente orientando-se por objetos em forma de fluxograma, eximindo a necessidade de digitar comandos lógicos (programação).

#### **2.2 TEORIA DAS FILAS**



A Teoria das filas é uma área da matemática que estuda a probabilidade da formação de filas e também analisa congestionamentos decorrentes de falhas e processos ou interrupção de fluxo normal.

Toda atividade humana está sujeita a filas, filas podem representar possíveis falhas em sistemas. Apesar de serem incomodas e causarem possíveis prejuízos, temos que conviver com filas reconhecendo que se trata de uma decisão economicamente mais viável.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000) afirmam que o fenômeno de formação de filas ocorre quando a demanda excede a capacidade de atendimento. Isso ocorre quando o tempo de chegada de uma nova referência para inspeção é menor do que o tempo que ela demora para ser garantida e liberada.

Com o objetivo de reduzir o tempo ocioso da mão de obra aguardando os *Part Numbers* respectivos para iniciar a inspeção os conhecimentos de Teoria das Filas irão otimizar esse processo, reduzindo as perdas no modo operatório e na movimentação por parte do empilhadeiraista.

De acordo com Magalhães (1996) em aplicações o estudo dos modelos de filas tem como objetivo a melhoria de desempenho do sistema, entendida, entre outros aspectos, como melhor utilização dos recursos de serviço disponíveis, menor tempo de espera e mais rapidez no atendimento.

## 2.4 LEAN MANUFACTURING

Com o objetivo de maximizar o valor do cliente e minimizar o desperdício, o modelo Lean Manufacturing se trata de um conjunto de ferramentas que auxiliam a redução do tempo e do custo de produção, melhora a qualidade do produto e identifica oportunidades de eliminação dos desperdícios.

Modelo de produção originado no Japão o Lean Manufacturing está além de Just in Time, para realizar sua aplicação é necessário mais do que ferramentas como Kaizen, Kanban e Jidoka, esse modelo exige um posicionamento cultural da organização, com foco no cliente e constantes investimentos e busca da melhoria contínua.

De acordo com Ohno (1988) são sete desperdícios no modelo Lean Manufacturing: Defeitos (nos produtos), excesso de produção de mercadorias desnecessárias, estoques de mercadorias à espera de processamento ou consumo, processamento desnecessário, movimento desnecessário (de pessoas), transporte desnecessário (de mercadorias) e espera (dos funcionários pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior).

Esse pequeno trecho de Ohno evidenciam as falhas no processo de inspeção de material suspeito dessa empresa automotiva, a mão de obra não possuem controle claro do que deve ser feito para atingir o volume de produção diária, os movimentos disponibilizados nas folhas de operações não visam a redução de movimentos, o empilhadeiraista não conhece a demanda e não sabe a melhor forma de disponibilizar o material a ser garantido, abastecendo a área que antecede a inspeção (área amarela) com excesso de referências que não serão realizadas no espaço de tempo de 1 hora pelo menos.

Ohno (1988) cita que se uma peça é necessária na razão de 1000 por mês, deveríamos fazer 40 peças por dia durante 25 dias. Além disso, deveríamos distribuir a produção de forma homogênea ao longo da jornada de trabalho. Se a jornada é de 480 minutos, deveríamos ter, na



média uma peça a cada 12 minutos. Esta ideia, mais tarde evoluiu para o nivelamento da produção. Seguindo a orientação de Ohno seria possível organizar e planejar melhor as quantidades baseadas no volume de produção diária da Montadora e então otimizar o tempo de inspeção e de movimentação logística

Segundo Oliveira (2004), o desperdício pode ser definido como “qualquer atividade que não agregue valor ao produto/serviço”. Sete desperdícios são apontados considerando superprodução, tempo de espera, transporte, processo, movimentação, produtos defeituosos e estoque

- Superprodução, produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo;
- Tempo de espera, é o desperdício de espera que ocorre quando os fatores de produção aguardam para serem processados;
- Transporte é o desperdício que ocorre na medida em que existem longas distâncias a serem percorridas pelos fatores de produção ao longo do processo;
- Processo pode ocorrer na medida em que as etapas e atividades desenvolvidas que não agregam valor continuam sendo executadas em decorrência da não realização de uma análise efetiva de quais elementos podem gerar custos e da não-agregação de valor do produto;
- Movimentação é o desperdício decorrente de falhas no projeto do posto de trabalho: quando as empresas decidem executar o processo de produção sem antes analisar minuciosamente as características do processo propriamente dito;
- Produtos defeituosos é o desperdício referente a perda de recursos de produção, tempo, armazenagem, desgaste de equipamentos, credibilidade, etc.;
- Estoque ocorre quando a empresa mantém estoques desnecessários, que significam perdas de investimento e também de espaço físico.

#### **4. METODOLOGIA**

O artigo encontrou formas de melhorar a eficiência da área de inspeção usando conhecimentos do Lean Manufacturing essenciais para realização da modelagem. A coleta de dados é o primeiro passo considerado crítico e crucial no processo de construção da Simulação.

Sakurada e Myake (2009) citam 03 tipos de dados básicos: 1) demanda 2) configuração e dimensões da infraestrutura física e 3) tempos de serviço.

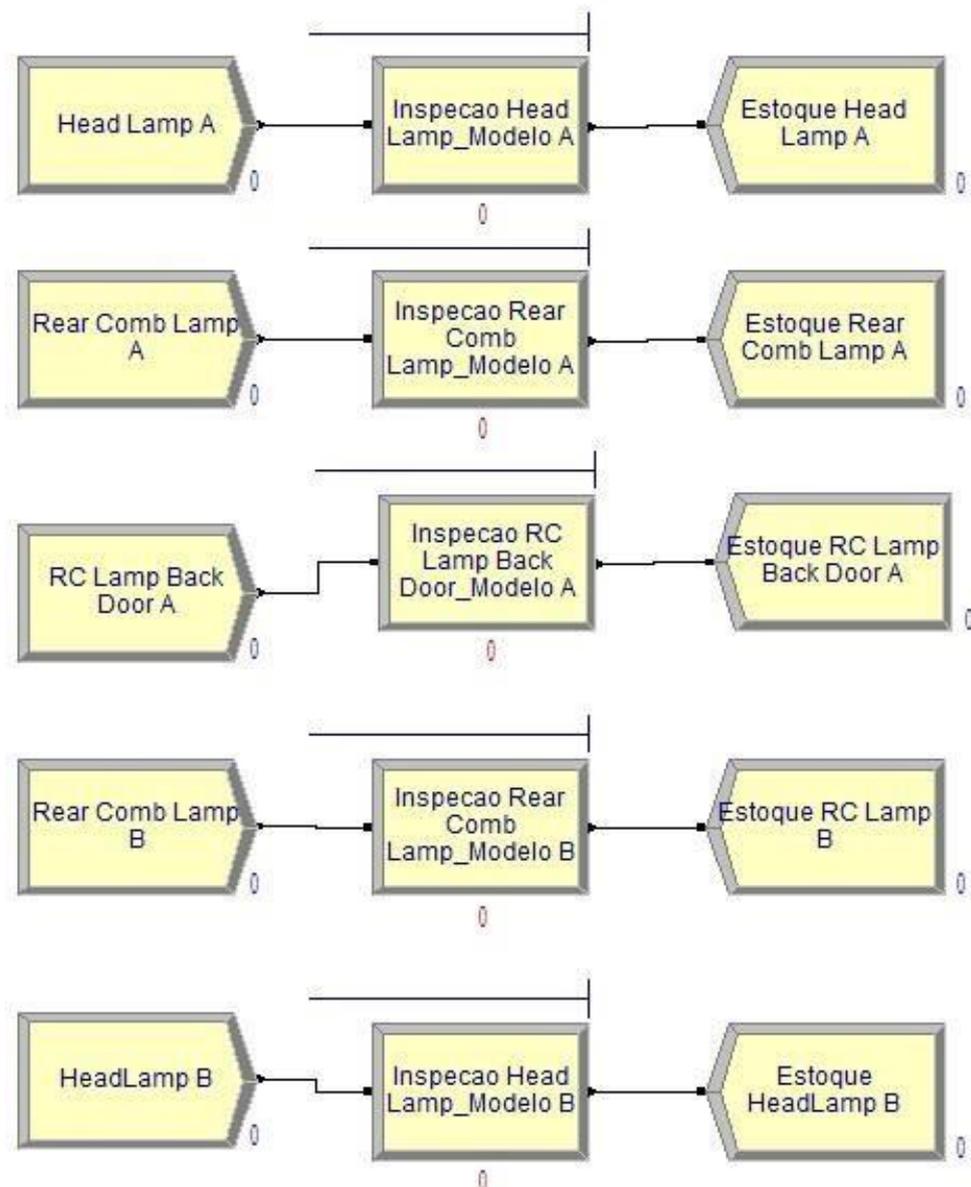
Por meio da observação do sistema e entrevista com os inspetores e líderes das empresas, os objetivos serão traçados assim como limitações e simplificações. O modelo limitou-se inspeções das peças de iluminação realizados pela empresa Beta, por se tratar do maior volume da área.

A coleta de dados ocorreu com a implementação do arquivo de controle interno onde os inspetores registraram informações das referências inspecionadas, indicando *Part Number*, tempo de início que se refere ao momento que o mesmo abre o rack de peças para iniciar o modo operatório e o tempo de finalização do rack. O compilado de dados durou cerca de 30 dias gerando uma planilha de Excel que foi usada na modelagem.

Com a coleta de dados realizadas, os valores foram adicionados ao software Arena, uma ferramenta usada em simulação de eventos, para análises estatísticas, modelagem de processos e análise de resultados.

## 6. SIMULAÇÃO DO PROCESSO

No processo de modelagem usando o Simulador Arena, o modelo foi estruturado utilizando os dados coletado. Usando a ferramenta *Input Analyser* os dados foram organizados por referência criando no fluxograma processos diferentes para cada *Part Number*, viabilizando a identificação da real situação da área.



**Figura 2:** Fluxograma do Processo da Área  
**Fonte:** Autoria própria

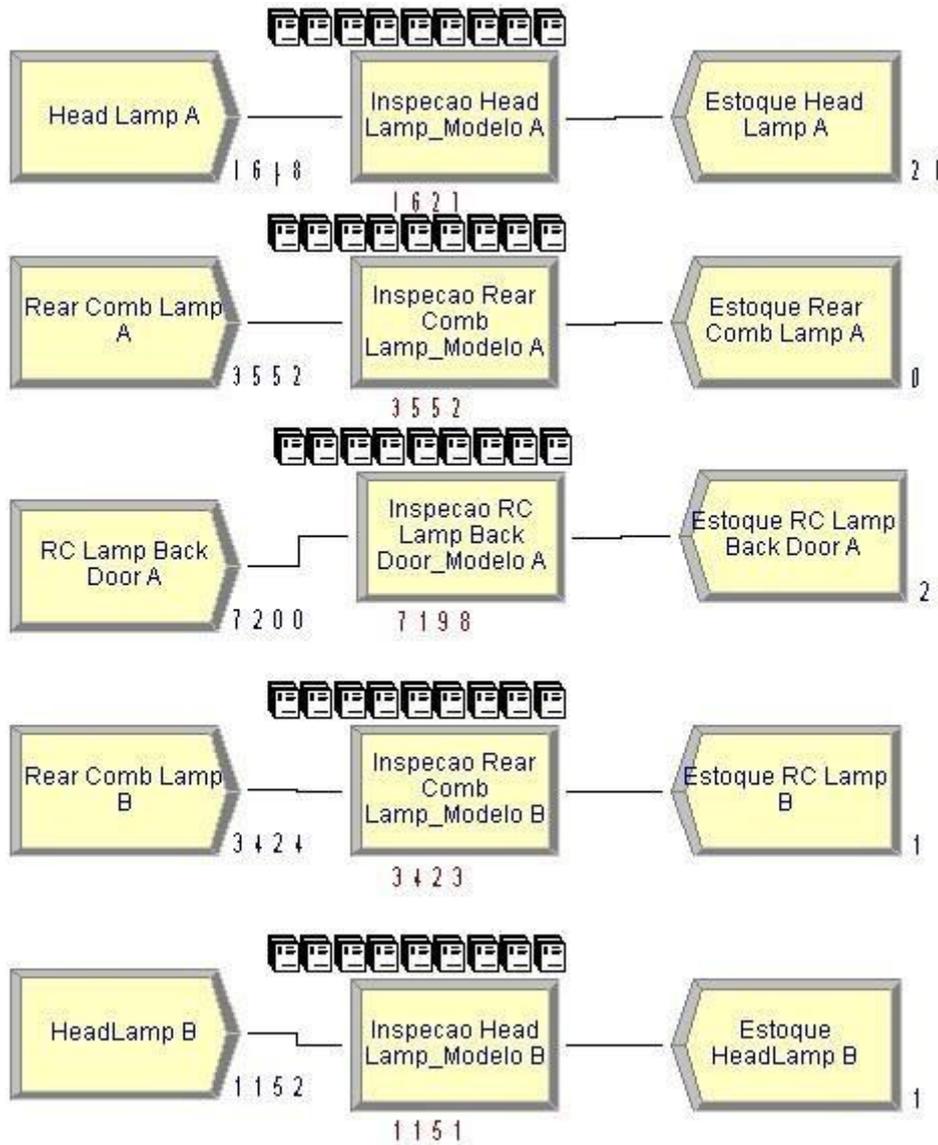
Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Expression	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Head Lamp A	HeadLamp_Model A	Expression	$0.5 + \text{LOGN}(3.74, 5.17)$	Minutes	16	Infinite	0.0
2	Rear Comb Lamp A	Rear Comb Lamp_Modelo A	Expression	$0.5 + \text{LOGN}(3.51, 4.66)$	Minutes	32	Infinite	0.0
3	RC Lamp Back Door A	RC Lamp Back Door_Modelo A	Expression	$1.5 + 19 * \text{BETA}(0.947, 0.992)$	Minutes	144	Infinite	0.0
4	Rear Comb Lamp B	Rear Comb Lamp_Modelo B	Expression	$-0.5 + \text{LOGN}(4.91, 4.57)$	Minutes	32	Infinite	0.0
5	HeadLamp B	HeadLamp_Modelo B	Expression	$1.5 + \text{LOGN}(3.44, 4.75)$	Minutes	12	Infinite	0.0

**Figura 3:** Descrição dos Processos

Fonte: Autoria própria

## 7. RESULTADOS

Com base nos dados coletados foram elaborados os fluxogramas de cada referência de peça inspecionada, elaborados com a utilização do software ARENA. A simulação foi realizada utilizando 8 horas de trabalho com 2 mão de obras. Notou-se que a presente configuração, disposta no diagrama abaixo, gera congestionamento de peças e como consequência disto há perda da eficiência do processo.



**Figura 4:** Fluxograma do Processo com Resultados **Fonte:** Autoria própria

Analisando os relatórios foi possível visualizar o tempo médio de espera por tipo de peça, peças do HeadLamp do Modelo A e Rear Comb Lamb do modelo apresentaram os maiores valores de espera aguardando a movimentação logística.

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
HeadLamp_Model A	226.34	(Insufficient)	0.00	459.05
HeadLamp_Modelo B	317.19	(Insufficient)	317.19	317.19
RC Lamp Back Door_Modelo A	61.7449	(Insufficient)	0.00	123.49
Rear Comb Lamp_Modelo B	297.08	(Insufficient)	297.08	297.08

**Figura 5:** Resultados da Modelagem **Fonte:** Relatório ARENA

Analisando os tempos de execução das inspeções, as peças do Rear Comb Lamp são as operações mais demoradas, considerando somente uma mão de obra o tempo de inspeção chegou ao tempo máximo de 2 horas e 53 minutos e mínimo de 2 horas e 3 minutos.

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
HeadLamp_Model A	22.8569	(Insufficient)	17.3321	32.5982
HeadLamp_Modelo B	9.0265	(Insufficient)	9.0265	9.0265
RC Lamp Back Door_Modelo A	148.54	(Insufficient)	123.49	173.59
Rear Comb Lamp_Modelo B	20.1133	(Insufficient)	20.1133	20.1133

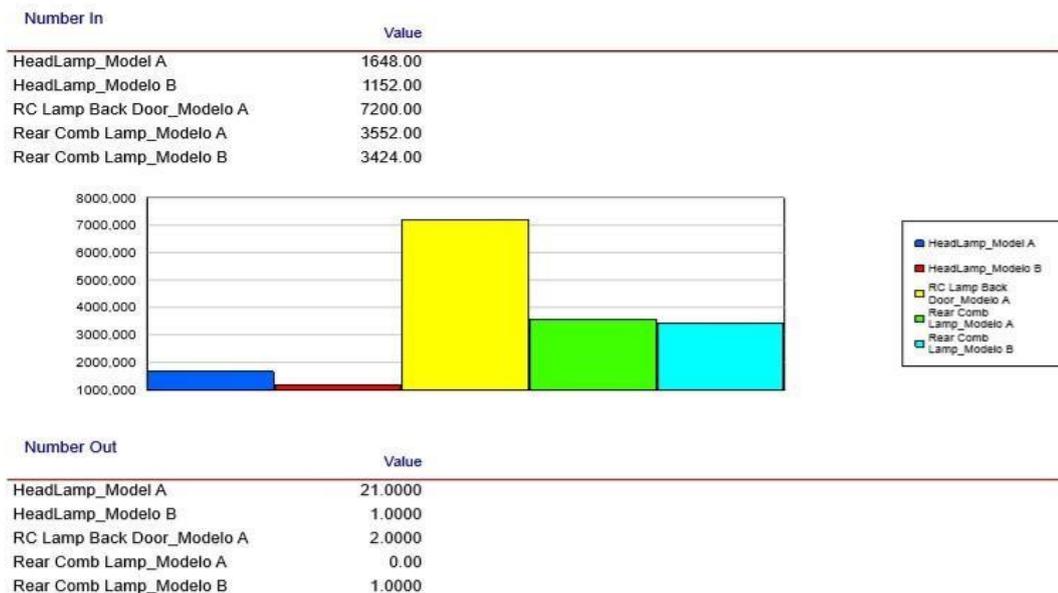
**Figura 6:** Resultados da Modelagem  
**Fonte:** Relatório ARENA

Outras informações que foram possíveis avaliar foi o tempo total médio que as entidades ficaram nos postos de trabalho

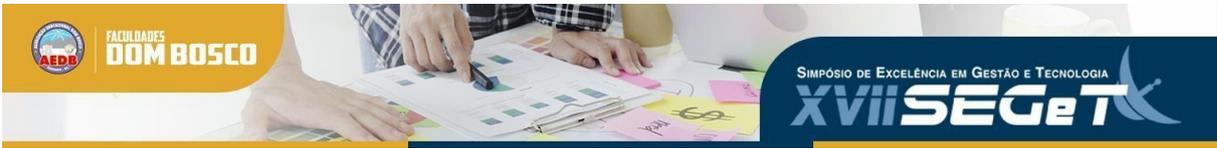
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
HeadLamp_Model A	249.19	(Insufficient)	20.3371	478.25
HeadLamp_Modelo B	326.22	(Insufficient)	326.22	326.22
RC Lamp Back Door_Modelo A	210.29	(Insufficient)	123.49	297.08
Rear Comb Lamp_Modelo B	317.19	(Insufficient)	317.19	317.19

**Figura 7:** Resultados da Modelagem  
**Fonte:** Relatório ARENA

O relatório apresentou a quantidade de peças que poderiam ter sido inspecionadas e não foi possível cumprir. A peça que mais geraria impacto seria a RC Lamp Back Door no Modelo A que entraram 7200 peças e somente 2 mil foram verificadas.



**Figura 8:** Layout da Área de Inspeção  
**Fonte:** Autoria própria



Em relação a ocupação dos inspetores foi identificado que a quantidade de peças que entram é superior ao tempo disponível para atendimento. Pode-se verificar que a demanda de peças não é atendida de maneira eficaz na presente configuração da estrutura utilizada, sendo necessário uma modelagem com controle de entradas baseada no tempo de deslocamento do empilhadeira seguindo o planejamento médio de produção da empresa.

## 8. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou desenvolver um cenário otimizado através do uso da simulação computacional em uma empresa no sul do estado do Rio de Janeiro que gerencia uma área de inspeção com mão de obra para inspeção e empilhadeira. Conforme as observações analisadas através da modelagem no software identificaram-se as peças que não possuem vazão dentro do modelo simulado devido à falta de controle do empilhadeira em sua movimentação logística, peças que ocupam a maior parte dos inspetores sendo necessário outra mão de obra ou em contrapartida a utilização dos inspetores em atividade conjunta para otimização da execução.

Os registros apresentados na simulação, como no gráfico apresentado na Figura 8 que evidencia peças como RC Lamp Back Door que apresentam um tempo excessivo da mão de obra comprometendo verificação das demais referências, demonstram que será necessário a implementação de ferramentas para gerenciamento baseado no volume de produção e como ponto de melhoria um estudo mais adequado de mapeamento dos endereços logísticos dos quais o empilhadeira se movimenta para otimizar e definir os menores caminhos a serem percorridos para diminuir o tempo de seus processos e conseqüentemente diminuir o tempo de espera dos inspetores aumentando a quantidade de peças inspecionadas.

Também foi possível visualizar a necessidade de um melhor planejamento nas referências a serem inspecionadas no dia, controlando tempo de cada uma das inspeções e separando o turno utilizando o mapeamento dos estoques reduzindo o tempo de movimentação e espera.

## 9. REFERÊNCIAS

- CAMELO, G; COELHO, A; BORGES R.; SOUZA R.** Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira. São Carlos, SP, XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2010.
- CARDOZA EDWIN E CARPINETTI LUIZ.** Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto. Revista Produção Online, Florianópolis SC, ISSN 1676 - 1901 / Vol. 5/ Num. 2/ Junho de 2005.
- OHNO, TAIICHI.** O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala. Editora Productivity, 1988.
- OLIVEIRA, O. J., (org).** Gestão da qualidade: tópicos avançados. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004
- REVISTA LOGÍSTICA & SUPPLY CHAIN IMAM.** Entenda os conceitos do lean manufacturing. IMAM, 2020. Disponível em: <https://www.imam.com.br/logistica/noticias/3115-entenda-os-conceitos-doleanmanufacturing>. Acesso em: 04/04/2020.
- WERKEMA, CRISTINA.** Lean Seis Sigma: Introdução as Ferramentas do Lean Manufacturing. 4º Edição. Belo Horizonte: Editora Werkema, 2006. **PEGDEN, C. Dennis; SADOWSKI, Randall P.; SHANNON, Robert E.** Introduction to simulation using SIMAN. McGraw-Hill, Inc., 1995.
- FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J.** Administração de Serviços-: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação. Amgh Editora, 2014.
- MAGALHAES, Marcos Nascimento.** Introdução a rede de filas. Abe, 1996.
- SAKURADA, Nelson; MIYAKE, Dario Ikuo.** Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. Gestão & Produção, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.