

USO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS PARA AVALIAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE UMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOTIVO E OS IMPACTOS DO FATOR HUMANO

JOÃO ÉDERSON CORRÊA¹

CARLOS HENRIQUE PEREIRA MELLO²

TÁBATA FERNANDES PEREIRA³

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar uma linha de montagem através da simulação de eventos discretos, em uma empresa do ramo automotivo e identificar o impacto do fator humano nessa linha de montagem. O método de pesquisa segue a visão geral proposta por Chwif (2007) e a sequência de passos para a aplicação no objeto de estudo, segue a proposta de Montevechi (2010). A coleta dos dados foi cronometrada em cada etapa do processo e foi identificada a melhor distribuição de probabilidade para os tempos em cada etapa. Com a análise dos tempos levantados pela cronoanálise de cada atividade da linha de produção de peças automotivas, pode-se calcular a variabilidade envolvida em cada operação, de forma a representar o comportamento de cada operador, de maneira mais realista, tornando possível verificar como as mudanças no processo, causadas por essas oscilações impactam na produção.

Palavras chave: simulação, linha de montagem e fator humano.

¹João Éderison Côrrea – Mestrando em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, MG.

²Carlos Henrique Pereira Mello – Professor Doutor em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, MG.

³Tábata Fernandes Pereira – Doutoranda em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, MG.

USE OF DISCRETE EVENT SIMULATION TO EVALUATE AN ASSEMBLY LINE OF A COMPANY CAR INSURANCE AND IMPACTS OF HUMAN FACTOR

ABSTRACT

This work aims to evaluate an assembly line through discrete event simulation in an automotive company and identify the impact of the human factor in this assembly line. The research method follows the general view proposed by Chwif (2007) and the sequence of steps for implementing the object of study, following the proposal of Montevechi (2010). Data collection was timed at each step of the process and has identified the best probability distribution for each time step. With the analysis of time raised by cronoanálise of each activity of the production of auto parts online, you can calculate the variability involved in each transaction, in order to represent the behavior of each operator, more realistically, making it possible to see how the process changes caused by these fluctuations impact on production.

Keywords: simulation, assembly line and human factor.

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas tem se tornado cada vez maior. Fatores como globalização, anseios dos clientes, leis ambientais e um ambiente turbulento devido às variações de mercado, contribuem para que as empresas busquem mais eficiência, um processo sustentável de produção e, além disso, a melhor maneira de alocação de recursos. Devido a este ambiente conturbado, as empresas tomam o uso de ferramentas da engenharia, na busca das melhores respostas, entre essas ferramentas tem a simulação, como ferramenta de investigação operacional.

A simulação a eventos discretos tem sido reconhecida como uma ferramenta útil em estudos de processos e sistemas complexos na área de pesquisa operacional. Seu uso vem crescendo, principalmente como auxílio à tomada de decisões (BANKS *et al.*, 2005; SARGENT, 2009; LAW, 2007).

A simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como um sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno (BATEMAN *et al.*, 2013).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é aplicar a simulação a eventos discretos em uma linha de montagem de componentes automotivos e identificar o impacto do fator humano no desempenho desta linha. O objeto de estudo foi uma empresa do Sul de Minas do ramo automotivo. Para o desenvolvimento do modelo computacional foi utilizado o *software Promodel*.

O artigo está dividido em 5 etapas. A primeira aqui apresentada fez a contextualização do estudo. A segunda mostra a revisão bibliográfica com a abordagem de simulação em linhas de montagem e fator humano na simulação. Em seguida, na seção 3 é apresentado o método de pesquisa. A etapa seguinte mostra a aplicação no objeto de estudo. Por fim, seção 5 apresenta os resultados e conclusões para o estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Simulação a eventos discretos em linhas de montagem

Para Farnes *et al.* (2006), uma linha de montagem pode ser definida como um conjunto de estações ou postos de trabalho, geralmente conectados por um sistema contínuo de movimentação de materiais. Nestas estações são executadas tarefas básicas que compõem o processo produtivo. O Ciclo de Produção é definido como o intervalo de tempo necessário, para a fabricação de uma unidade do produto, sendo determinado pela produção demandada. O Ciclo pode ser calculado pela “eq. (1)”:

$$\text{Ciclo} = \frac{A}{D} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

A: Tempo total disponível para a produção;

D: Demanda.

Segundo Farnes *et al.* (2006), os métodos mais usados na prática são os métodos de simulação, porém, só os exatos podem garantir a solução ótima no contexto das suposições assumidas no modelo de programação matemática. O método de simulação consiste numa forma prática de alocar as tarefas aos operadores, por meio de observação visual. Algumas tarefas do trabalhador que está, aparentemente, mais sobrecarregado são transferidas para o que está, aparentemente, mais ocioso até que se encontre um equilíbrio nos tempos de operações dos trabalhadores.

De acordo com Yamada (2002) a simulação tem sido aplicada em larga escala na busca dos melhores parâmetros de um processo em linha de montagem. Esta aplicação é devido à capacidade de visualização do que ocorre no sistema real, e a partir disto tomar decisões, realizar previsões, programar férias e manutenções nos equipamentos.

Neste contexto, a simulação é aplicada de forma a prever, dimensionar e balancear as linhas de montagem de produção. Um fator importante que merece ser notado é que a simulação fornece aos tomadores de decisão uma visão sistêmica do processo (FIGUEREDO, 2002).

2.2 Fator humano na simulação

Com a constante pressão enfrentada pelas organizações para aumentar a produtividade, reduzir custos e ganhar competitividade, a simulação tornou-se uma ferramenta importante, por proporcionar uma forma de modelar o comportamento dinâmico dos sistemas, com a possibilidade de criação de cenários distintos, sem gerar custos, considerando a interação dos recursos e interdependência dos tempos, entre as atividades envolvidas (BAINES, 2004). Contudo, de acordo com Baines *et al* (2004), muitas vezes a simulação pode superestimar a capacidade de produção de sistemas de manufatura, o que pode acarretar em sérios problemas de programação de produção e não atendimento da demanda. Se tratando de sistemas de manufatura, em que existe alta porcentagem de operações manuais, a diferença entre a performance prevista pelo sistema simulado e a resposta do sistema real, pode ser consequência da falha na representação do fator humano.

Muitas vezes, as pessoas são representadas nas simulações, com um comportamento semelhante ao das máquinas, e espera-se obter a mesma regularidade e produtividade dos equipamentos tecnológicos (BERNHART, 1997).

Na prática, o comportamento das pessoas está longe disso. Muitas são as variáveis que podem influenciar no desempenho de uma pessoa. Essas variáveis podem se enquadrar dentro dos aspectos físicos e psicológicos. Pessoas podem apresentar instabilidade, imprevisibilidade e ações independentes, causando assim, uma flutuação da performance devido a fatores como habilidade, treinamento, educação e estado psicológico, além das condições do ambiente de trabalho (FURNHAM, 1999). Tais fatores podem explicar as falhas nos modelos de manufatura simulados, onde as operações manuais não representam a realidade.

Considerando as falhas existentes na representação dos fatores humanos, existe uma necessidade de representar as pessoas de forma realista, considerando a alta variabilidade e o impacto na performance do sistema. Incorporar todas as variáveis humanas dentro de uma simulação não é uma tarefa fácil, existem vários modelos hoje disponíveis para incorporar fatores humanos, tais como: idade e bio ritmo dos operadores (BAINES, 2004).

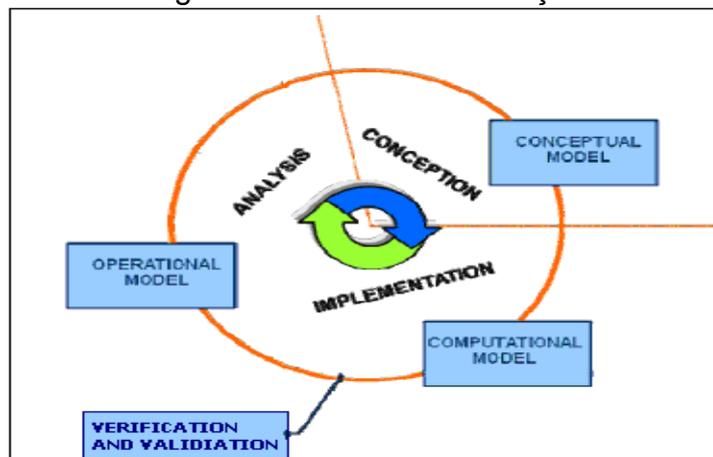
Porém, uma forma mais direta de representar a variabilidade humana é incorporar os desvios referentes a cada operador, em cada atividade, através do

tratamento dos dados da cronoanálise, de forma adequada e coerente, o que leva a diferentes desvios nos tempos de operação modelados, de forma estocástica, em função das características de cada posto de trabalho e de cada operador (FURNHAM, 1999).

3 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Bryman (1989), essa pesquisa se enquadra no tipo de modelo de simulação dinâmica, em que as variáveis sofrem alterações com o tempo. O trabalho foi desenvolvido seguindo a metodologia geral proposta por Chwif e Medina (2007), mas sob a ótica proposta por Montevechi *et al.* (2010) em que o modelo de simulação passa por três fases: concepção, implementação e análise, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Fases da Simulação



Fonte - Chwif e Medina (2007)

Um projeto de simulação inicia-se com a fase de **concepção**, na qual os pesquisadores conhecem o processo a ser simulado, delimitam o sistema, definem os objetivos da pesquisa, o escopo e o nível de detalhe para o modelo (ROBINSON, 2008). Ao longo da etapa de concepção é elaborado o modelo conceitual, que é uma abstração da realidade que é feita utilizando alguma ferramenta de mapeamento de processo. Robinson (2008) constatam que a modelagem conceitual é, provavelmente, a parte mais difícil do processo de desenvolvimento de modelos de simulação.

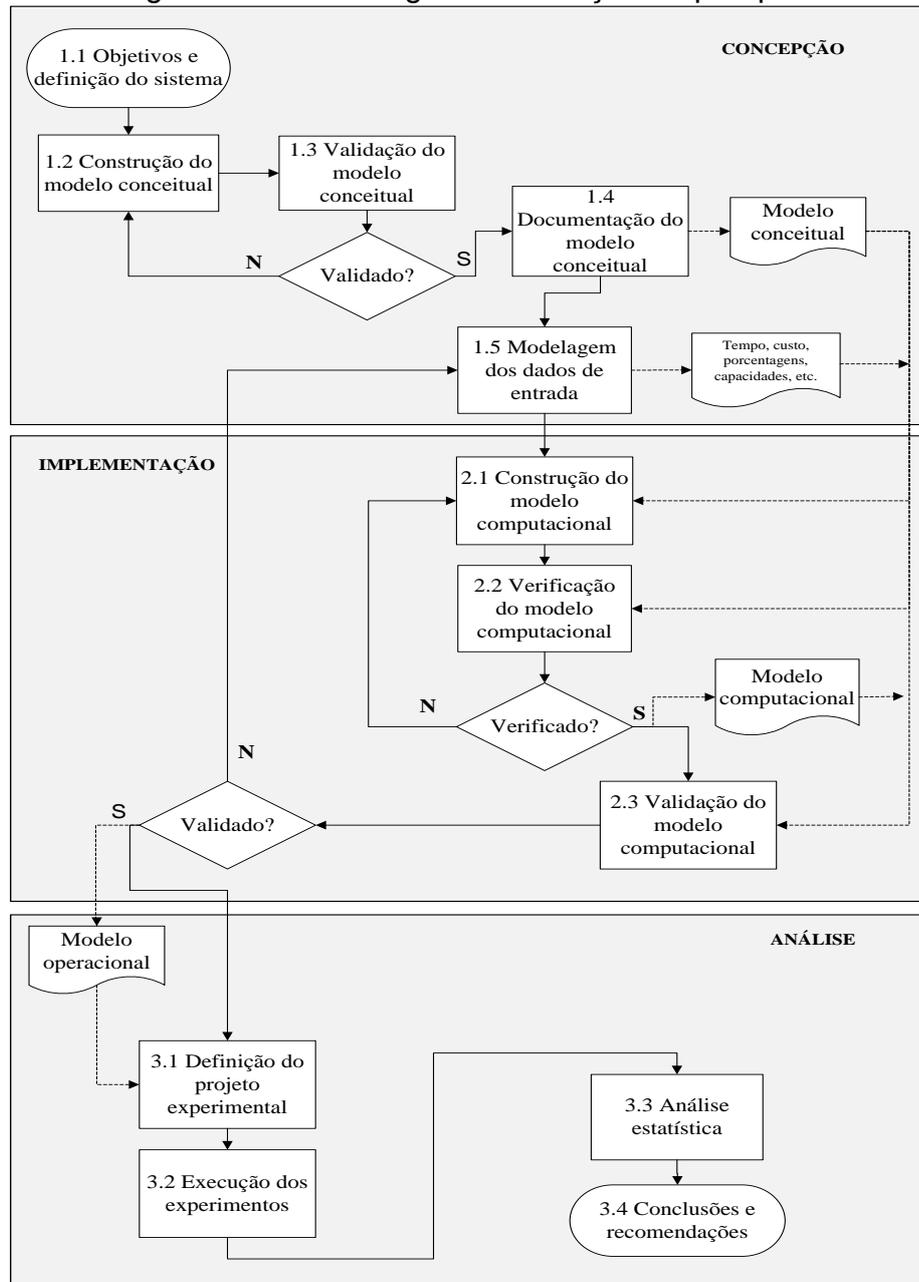
Tendo construído o modelo conceitual, este deve passar pela validação, de modo a evitar que acarrete erros nas etapas posteriores. Validado o modelo conceitual, as variáveis de entrada e de saída do modelo são determinadas, os pontos de coleta de dados são identificados e por fim, os dados necessários são coletados e ajustados a uma distribuição de probabilidade.

Com isso, tem início a fase de **implementação**. Nesta fase, é construído o modelo computacional (SARGENT, 2010), em que os analistas utilizam um *software* de simulação para construir o modelo. Construído o modelo computacional, o analista deve verificar e validar a capacidade do modelo em simular a realidade. Os passos de validação e verificação são importantes para pesquisas de simulação (SARGENT, 2010). Um modelo é considerado validado quando possui a exatidão necessária para cumprir as metas do modelo.

Após a validação, os resultados dos modelos são analisados, chegando a última etapa do projeto de simulação, a etapa de **análise**. Nessa fase, são efetuadas várias rodadas do modelo e os resultados da simulação são analisados e documentados. A partir dos resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema podem ser feitas. Caso necessário, o modelo pode ser modificado, e este ciclo reiniciado (PAIVA *et al.*, 2009).

O método desta pesquisa seguiu os passos proposto na sistemática de Montevechi *et al.* (2010), apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Metodologia de condução da pesquisa



Fonte: Adaptado de Montevechi *et. al* (2010)

4. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO DE PESQUISA

4.1 Concepção

4.1.1 Objetivos e definição do sistema

O objetivo deste trabalho é aplicar a simulação de eventos discretos em uma linha de montagem de componentes automotivos e identificar o impacto do fator humano no desempenho desta linha.

A demanda do cliente para esta linha de montagem corresponde a uma quantidade diária de 356 produtos. Considerando que a linha trabalha em dois turnos, o tempo de ciclo limite por produto é de aproximadamente 166 segundos.

A empresa, objeto deste estudo possui também algumas questões que procura responder com o uso da simulação em suas unidades, entre eles, podemos citar:

1. O volume de produção será atingido?
2. A capacidade de equipamento e recursos humanos foram definidas corretamente?
3. Existe algum gargalo nesta operação?
4. É possível melhorar a utilização de recursos e equipamentos?
5. O que fazer para aumentar produtividade?

Além disso, o trabalho se propõe a responder as questões colocadas pela empresa para o uso de simulação, de forma a apresentar a importância do uso desta aplicação para o objeto de estudo.

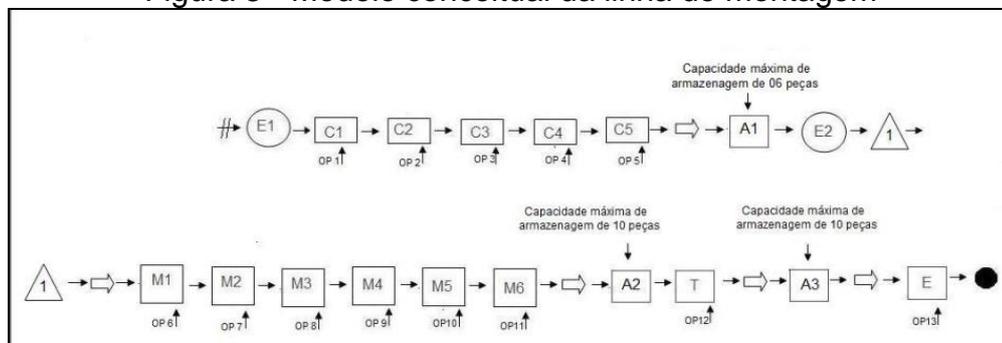
4.1.2 Construção do modelo conceitual

De acordo com Brooks e Robinson (2001), o modelo conceitual descreve o sistema que se deseja construir independente do *software* de simulação, em que será desenvolvido o modelo computacional. Nesta etapa é necessária a utilização de uma técnica de representação que torna o modelo fácil de ser visualizado, como por exemplo, o fluxograma.

Baseado em Leal (2008), a técnica utilizada para a representação deste modelo foi a IDEF-SIM, esta técnica possui elementos gráficos e textuais combinados, representado de forma organizada e sistemática, o que facilita a sua modelagem e sua interpretação. Também descreve o fluxo do processo e descrição dos estados dos objetos, com o objetivo de demonstrar como é o funcionamento real de uma linha de montagem do produto em análise.

A Figura 3 apresenta o modelo conceitual desenvolvido para a linha de montagem que está sendo estudada neste trabalho.

Figura 3 - Modelo conceitual da linha de montagem



Fonte - Autores

Em seguida, a Tabela 1, apresenta a legenda, relativa à Figura 3.

Tabela 1 – Legenda do modelo conceitual

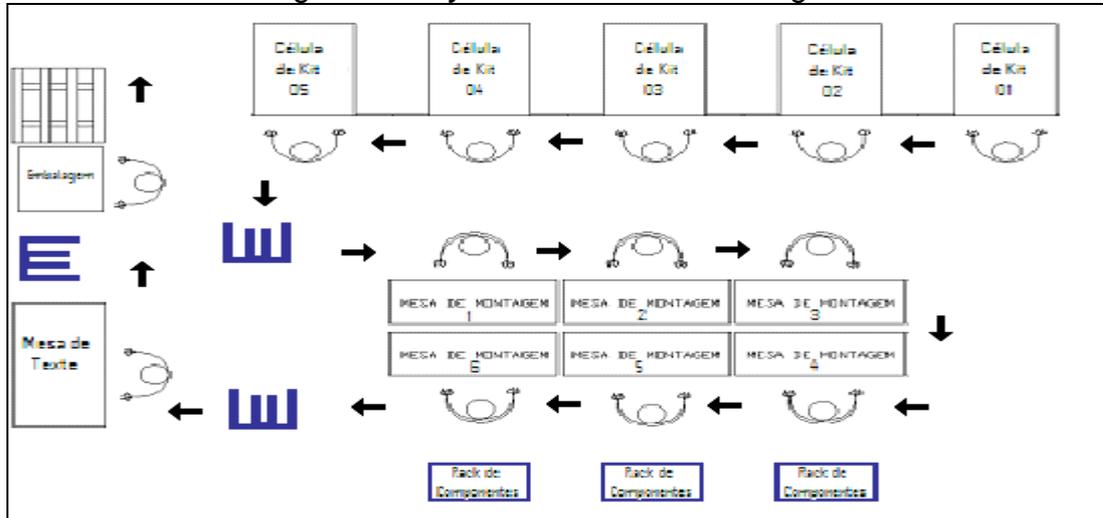
Sigla	Descrição
E1	Kits em processo
E2	Chicotes em processo
C1	Célula de kit 1
C2	Célula de kit 2
C3	Célula de kit 3
C4	Célula de kit 4
C5	Célula de kit 5
M1	Mesa de montagem 1
M2	Mesa de montagem 2
M3	Mesa de montagem 3
M4	Mesa de montagem 4
M5	Mesa de montagem 5
M6	Mesa de montagem 6
T	Mesa de teste
E	Setor de embalagem
OP	Operador
#→	Fluxo de entrada no sistema
⇔	Movimentação do produto realizada por operadores
A1	Local de armazenagem de kits prontos
A2	Local de armazenagem de chicotes prontos
A3	Local de armazenagem de chicotes testados
→	fluxo da entidade
●	Final do processo produtivo
↓	Regra / valor máximo de kits / chicotes armazenados
△	Conexão / continuidade do processo

Fonte: Autores

4.1.3 Validação do modelo conceitual

O modelo conceitual foi validado, através da técnica face a face (SARGENT, 2009). Foram realizadas consultas a funcionários da empresa para garantir a representação da realidade do sistema em questão, e também foi realizada uma comparação com o *layout* da célula da linha de montagem que foi fornecido pela empresa, o *layout* está presente na Figura 4.

Figura 4 - Layout da célula de montagem



Fonte: Autores

4.1.4 Modelagem dos dados de entrada

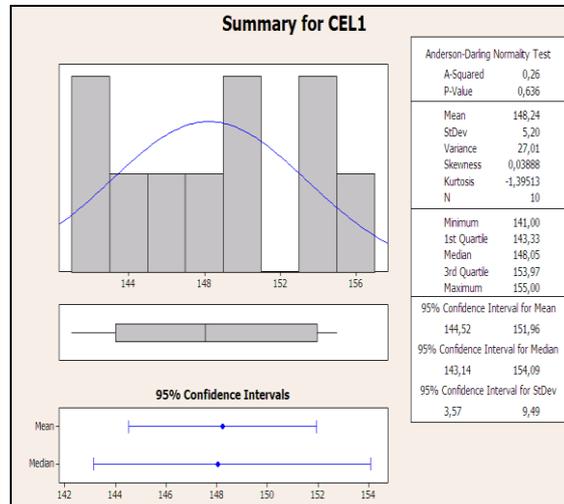
Após a conclusão e validação o modelo conceitual, passou-se para a etapa de modelagem dos dados de entrada, esta etapa é composta por três passos: coleta dos dados, tratamento dos dados e inferência.

Na empresa alvo desse estudo, os dados foram coletados através da cronometragem, em seguida, estes tempos foram analisados e tratados, seguindo os passos propostos por Pereira *et al.* (2012):

- Retirar observações incomuns (*outliers*),
- Identificar uma família de distribuições que descrevem o processo (ex.: normal),
- Estimar os parâmetros do fenômeno (média, moda, desvio padrão),
- Realizar testes de hipóteses para determinar o ajuste da distribuição e seus parâmetros.

Foi realizado testes de normalidade para cada conjunto de dados coletados, e pode-se defini-los como normais. A Figura 5 apresenta um exemplo do teste realizado para o local “célula kit 1”.

Figura 5 - Teste normalidade para célula kit 1



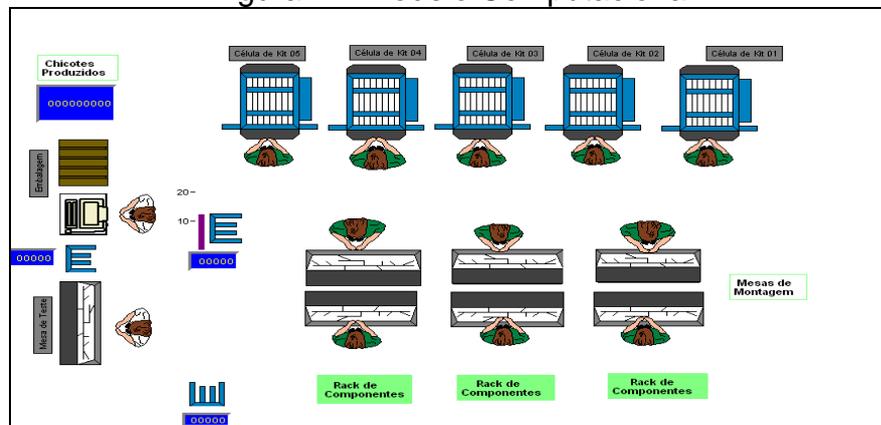
Fonte: Autores

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

4.2.1 Construção do modelo computacional

A construção do modelo computacional foi realizada utilizando o *software Promodel*. Na Figura 7 é apresentado como ficou o modelo computacional da linha estudada neste trabalho.

Figura 7 – Modelo Computacional



Fonte - Autores

O modelo foi simulado por 2 turnos, sendo 16,38 horas, já desconsiderando o tempo de almoço e descanso. Para o estudo foram realizadas 4 réplicas, devido ao pequeno coeficiente de variação dos tempos de processo.

4.2.2 Verificação do modelo computacional

O modelo foi verificado através da comparação com o modelo conceitual, representado pela ferramenta de mapeamento, IDEF-SIM, na Figura 3. Além disso, os indicadores luminosos, contadores e medidores de capacidade do *Promodel*, ajudaram a identificar se havia alguma inconsistência no modelo.

4.2.3 Validação do modelo computacional

A validação do modelo computacional é definida como a determinação de que o comportamento do modelo simulado detém precisão suficiente para representar o modelo real no qual está simulando. Desta forma, se o modelo não é uma aproximação bastante próxima do sistema real, todas as conclusões vindas deste, estarão expostas a erros e poderão resultar em decisões incorretas (SARGENT, 2009). Para Banks *et al.* (2005), a etapa de validação deve ser executada até que o modelo possua a precisão desejada pelos analistas de simulação.

O modelo construído foi validado estatisticamente usando um teste *t* (*Two-Sample t*) para comparar valores de produção do ano anterior, selecionados aleatoriamente de uma população de dados com uma distribuição normal. O modelo se mostrou estatisticamente robusto para simular a variabilidade do sistema de produção, permitindo assim usar o modelo para prever a capacidade produtiva e avaliar os objetivos do estudo.

4.3 ANÁLISES

4.3.1 Criação de cenários

Para este trabalho foi criado 4 cenários, sendo:

1º cenário: Balanceamento inicial

É o cenário que representa os testes em laboratório para o início da linha, é o primeiro balanceamento realizado pela empresa. Este é o pior cenário, em que a saída é de 343 produtos por dia.

2º cenário: Balanceamento final

Este cenário representa o modelo real da empresa e o que foi simulado e validado.

3º cenário: Balanceamento final (menor desvio)

Este cenário representa futuras melhorias no processo. É um cenário que mostra que se houver investimento em treinamentos para os trabalhadores, por exemplo, se espera atingir uma diminuição na variabilidade de até 50% no tempo.

4º cenário: Absenteísmo do funcionário da mesa de montagem 02

Este cenário mostra o impacto da falta de um funcionário na linha de montagem, sendo necessário sua substituição por um operador inexperiente, o tempo desse operador foi cronometrado e apresentou um aumento médio de 15 segundos nesta etapa da montagem.

4.3.2 Avaliação de cenários

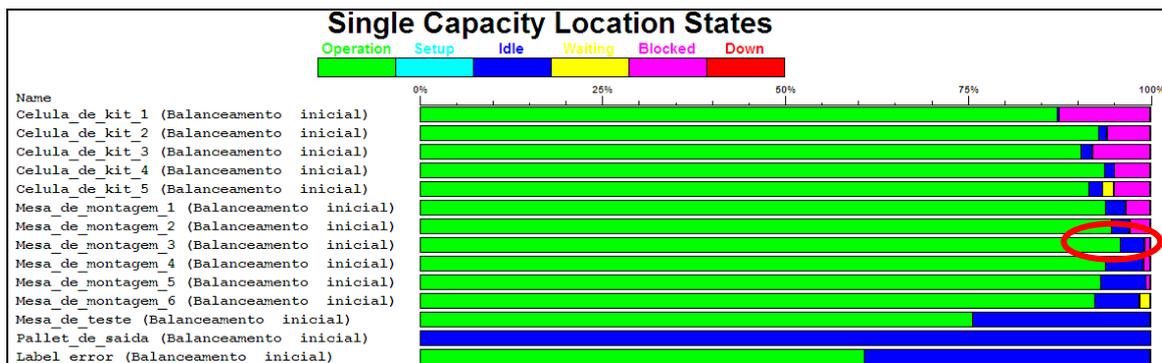
Neste item é apresentado a avaliação dos 4 cenários propostos, e também serão respondidas as questões colocadas no item 4.1.1.

O primeiro cenário simulado considerou a tomada de tempo feita em laboratório. Nota-se que para este primeiro balanceamento, a linha consegue tirar em média 344 unidades diárias em dois turnos de produção, com um tempo de ciclo médio de 172 segundos, ficando abaixo da demanda do cliente, que é de 356 unidades, a um tempo de ciclo de 166 segundos.

Outro ponto importante a ser destacado é que, os resultados da simulação apresentados na Figura 8, mostram que o gargalo está na montagem 3, pois existe bloqueio crescente nas estações anteriores. O gargalo na mesa de montagem 3 causa um rápido acúmulo no gancho de kits prontos, que está limitado em 6

unidades, causando um aumento no tempo de bloqueio das células de kit. Nota-se também que o operador de embalagem está com grande ociosidade, tornando-se cabível uma nova avaliação das atividades deste operador.

Figura 8 – Gargalos no processo do cenário 1



Fonte - Autores

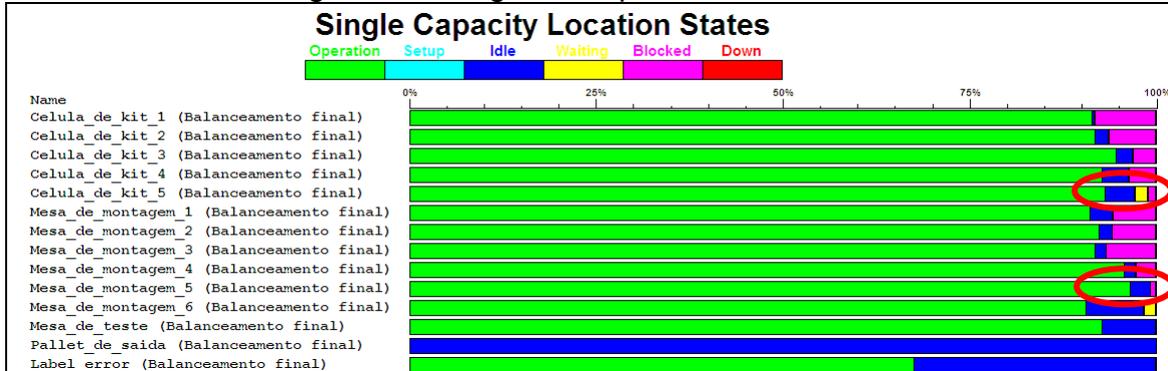
No segundo cenário foi considerado um novo balanceamento, já ajustado na linha de montagem, nota-se que passaram a existir dois gargalos, na célula do kit 5 e mesa de montagem 5. Na mesa de montagem 5, existe ociosidade nos postos seguintes e um aumento do tempo de bloqueio nos postos anteriores. Na célula de kit 5, este bloqueio torna-se inexpressivo, pelo fato de ser um novo gargalo, causando bloqueio nas células anteriores, conforme mostra-se na Figura 9.

Uma das contribuições vindas da simulação para o objeto de estudo foi a identificação correta do gargalo, que é na célula de kit 5 e não na célula de kit 3, que possuía o maior tempo.

Este cenário resultou em uma produção média diária de 380 unidades e tempo de ciclo médio de 155 segundos, o suficiente para atender a demanda do cliente, com uma folga de 7%.

A capacidade de armazenamento dos kits prontos, não foi um fator limitante para este cenário, apesar de ter atingido a capacidade máxima de 6 unidades. Apesar do aumento da produtividade, o operador do posto de embalagem continua com uma grande porcentagem de ociosidade e sugere-se alocar alguma atividade extra para este posto, a fim de diminuir o tempo de ociosidade, essa atividade pode ser realizada em outra linha de montagem.

Figura 9 – Gargalos no processo do cenário 2.

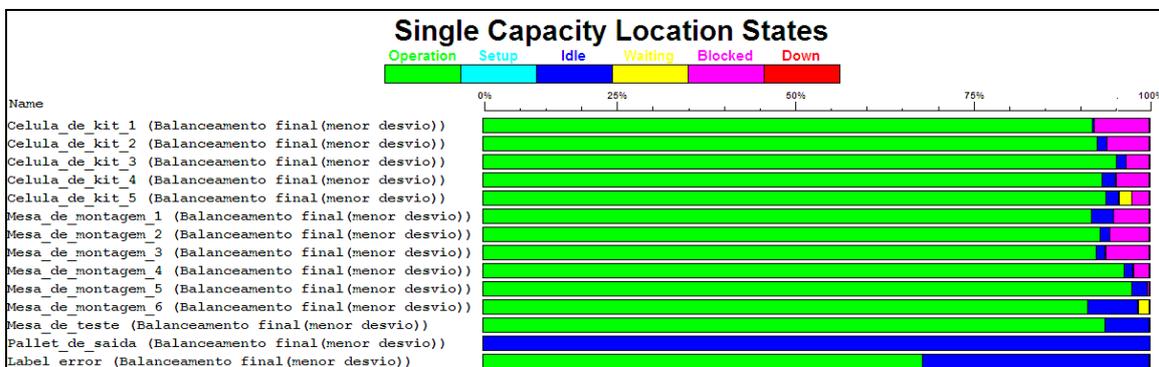


Fonte - Autores

Os próximos dois cenários foram elaborados para mostrar como o fator humano pode impactar na produção de empresas de manufatura.

O terceiro cenário mostra que fazendo uma estimativa, a longo prazo, de uma queda no desvio padrão dos operadores, pode-se obter uma melhora significativa na produção. Os resultados mostraram que se os operadores obtivessem uma maior regularidade, com metade do desvio padrão, apontado na cronoanálise, a produção subiria de 380 para 387. Este resultado mostra que a redução da variabilidade, que pode ser atingida com uma melhor alocação de recursos e operadores com treinamento adequado, impacta positivamente na produção. A Figura 10 mostra que ainda há gargalo, mas com menor impacto em relação ao cenário 2.

Figura 10 – Gargalos no processo do cenário 3



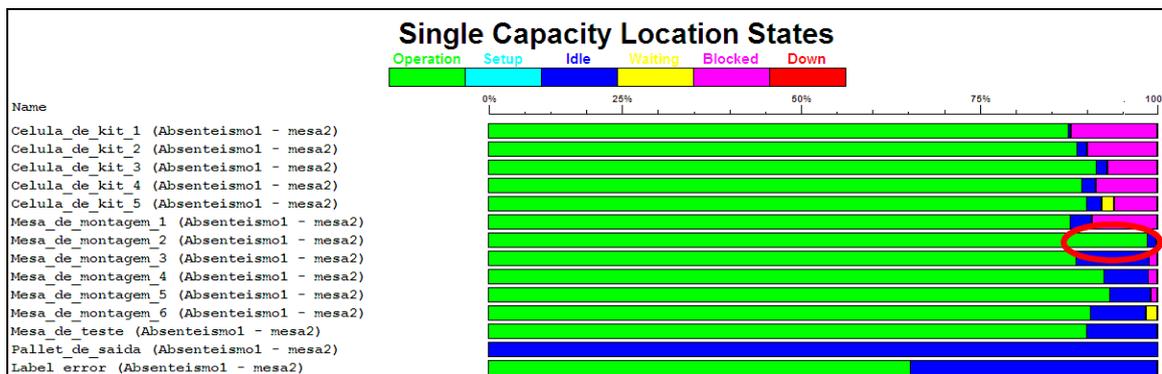
Fonte - Autores

Outro ponto importante que está relacionado com o fator humano é o absenteísmo. Este pode causar um impacto significativo, principalmente tratando-se

de uma linha com grande quantidade de operações manuais. Este impacto foi estimado no quarto cenário, em que foi simulado um caso de absenteísmo na mesa de montagem 2. O tempo de um operador substituto e sem experiência no posto foi cronometrado. Com um tempo acrescido em torno de 15 segundos, este posto se tornou o gargalo da linha. Pode-se observar nos resultados deste cenário representados na Figura 11, que todos os postos anteriores ao posto de montagem 2 estão bloqueados e todos os postos seguintes estão ociosos.

O impacto na produção foi uma redução do número de unidades produzidas para 367. Nota-se também que ocorreu um rápido acúmulo de kits prontos, limitados pela capacidade do gancho, o que também contribuiu para o bloqueio das células de kits. Neste caso, sugere-se utilizar um operador coringa, com habilidade em todos os postos para compensar o atraso e não comprometer a produção. Porém, é importante possuir mais operadores capacitados para realizar as atividades dos demais postos.

Figura 11 – Gargalos no processo do cenário 4



Fonte - Autores

5 CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentada a aplicação da simulação a eventos discretos em uma linha de montagem, de uma empresa do setor automotivo. Foi utilizada a metodologia de pesquisa em simulação de Chwif e Medina (2007), sob a ótica da proposta de Montevechi *et al.* (2010), explorando todas as atividades estabelecidas nesta metodologia.

Inicialmente, foram definidos os objetivos que a simulação iria responder, em seguida, construiu-se o modelo conceitual, sendo que este foi validado. Os dados

necessários para alimentar o modelo computacional foram coletados e tratados. Com isso, pode-se construir o modelo computacional, realizar sua verificação e validação. Por fim, fazer as análises necessárias do modelo simulado.

Foram construídos 4 cenários, com diferentes focos de avaliação. Os dois primeiros cenários apresentaram as situações reais da empresa. Os resultados do modelo simulado permitiram avaliar as questões levantadas no artigo como: capacidade produtiva, identificação dos gargalos e alocação de recursos.

Foi analisado também o impacto na capacidade de produção de uma linha de manufatura do setor automotivo, causado pelo fator humano, isto foi realizado através dos cenários 3 e 4.

Com a coleta e análise dos tempos levantados pela cronoanálise, de cada atividade da linha de produção de peças automotivas, pode-se calcular a variabilidade envolvida em cada operação, de forma a representar o comportamento de cada operador de maneira mais realista, com isso pode-se verificar como as mudanças no processo causadas por essas oscilações impactam na produção.

Deste modo, estima-se que a diminuição desta variabilidade é consequência de fatores, como: treinamento adequado e seleção adequada de operadores, isto surtirá grande impacto na capacidade produtiva e que em casos de absenteísmo, onde um novo operador inexperiente deve ser alocado em uma atividade, haverá também uma consequência no processo.

Como proposta para trabalhos futuros sugere-se a simulação de absenteísmo em diferentes etapas do processo, além de identificar o impacto de outros fatores humanos na produção como idade e bio ritmo.

REFERÊNCIAS

BAINES, T.; MASON, S.; SIEBERS, P.; LADBROOK, J. Humans: The missing link in manufacturing simulation? **Simulation modelling practice and theory**, v.12, pp. 515-526. 2004.

BANKS, J.; CARSON, J.; BARRY, N. **Discrete-event simulation**. Prentice-Hall, New Jersey, 4.ed., 2005.

BATEMAN, R.; BOWDEN, R.; GOGG, T.; HARREL, C.; MOTT, J.; MONTEVECHI, J. A. B. **Sistemas de simulação: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Elsevier, Rio de Janeiro, 1. ed, 2013.

BERNHARDT, W.; SCHILLING, A. Simulation of group work processes in manufacturing. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, Atlanta, Georgia, 1997.

BROOKS, R.; ROBINSON, S. Simulation, with inventory control. **Operational Research Series**. Basingstoke, Palgrave, 2001.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies**. Unwin Hyman Ltd, London. 1989.

CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. Ed. Dos Autores, São Paulo. 2007.

FARNES, V. C. **Balanceamento de linha de montagem com o uso de heurística e simulação: estudo de caso na linha branca**. Seminário de Engenharia de Produção, São Paulo. 2006.

FIGUEREDO, S. R. A Introdução da Simulação como ferramenta de ensino e aprendizagem. **Anais...** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.

FURNHAM, A.; FORDE, L.; FERRARI, K. Personality and work motivation. **Personality and Individual Differences**, v.26, p.1035–1043, 1999.

LAW, A. **Simulation modeling and analysis**, McGraw-Hill, 4. Ed, New York. 2007.

LEAL, F.; MONTEVECHI, J. A. B; Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa-PB, 2008.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. **Proceedings of the Winter Simulation Conference, Proceedings**. Baltimore, MD, USA, 2010.

PEREIRA, T. F; MIRANDA, R. C.; MONTEVECHI, J. A. B. Gestão do conhecimento em projetos de simulação: um estudo de caso. **Anais...** XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, RN, 2013.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the Operational Research Society**. v. 59, p. 278-290, 2008.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Austin, TX, USA, 2009.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Baltimore, MD, USA, 2010.

YAMADA, C. M. Simulação de uma linha de montagem de motores: Um estudo de caso. **Anais...** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.