

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

EDUARDO ROGERIO BORGES

**SIMULAÇÃO DA INSTALAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM “U” NA
INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

**Alegrete
2021**

SIMULAÇÃO DA INSTALAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM “U” NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenheiro Mecânico.

Orientador: Fladimir Fernandes dos Santos

Alegrete

2021



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

EDUARDO ROGERIO BORGES

**SIMULAÇÃO DA INSTALAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO EM “U” NA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de engenharia mecânica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de bacharel em engenharia mecânica.

Trabalho defendido e aprovado em: 03, maio de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Gustavo
Fuhr Santiago
UNIPAMPA

Prof. Msc.
Mauricio Paz
França
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **MAURICIO PAZ FRANCA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/05/2021, às 11:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIOSUPERIOR**, em 05/05/2021, às 11:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GUSTAVO FUHR SANTIAGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/05/2021, às 12:20, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0517908** e o código CRC **90CBA91C**.

RESUMO

A indústria automobilística sempre enfrentou alguns obstáculos na montagem dos veículos, seja devido ao grande volume de pedidos, limitação da linha de montagem, dificuldades geradas por atrasos na entrega de insumos por fornecedores, e pelas multiplicidades oferecidas pelas próprias montadoras, nos opcionais disponíveis para cada modelo ou versão do veículo. O presente trabalho apresenta uma simulação com o propósito de beneficiar a linha de produção, com a eliminação de um dos gargalos presentes no processo de manufatura. A partir de simulações de uma linha em formato “U” acoplada na linha de montagem principal, onde os veículos são movidos para a linha suplementar, na qual efetuará a montagem dos tetos-solares. Sendo a simulação alicerçada a partir de tempos padrões na indústria automobilística disponibilizados em artigos científicos. Com a aplicação de uma linha de instalação adjunta de opcionais de baixa demanda pode-se analisar que existem ganhos consideráveis de tempo, viabilização da linha principal para manufatura de veículos sem o opcional, e possibilitando a diminuição de custos no volume total de opcionais vendidos.

Palavras-Chave: indústria automobilística, linha de montagem, manufatura, produção.

ABSTRACT

The auto industry has always faced some obstacles in the assembly of vehicles, either due to the large volume of orders, limitation of the assembly line, difficulties caused by delays in the delivery of parts by suppliers, and by the multiplicities offered by the automakers themselves, in the options available for each vehicle model or version. The present work aims to present a simulation with the purpose of benefiting the production line, with the elimination of one of the bottlenecks present in the manufacturing process. From simulations of an “U” shaped line coupled to the main assembly line, where the vehicles are moved to the supplementary line, in which the installations of the sunroofs made. The simulation is based on standard times in the automobile industry and is made available in scientific articles. With the application of an adjunct installation line of low-demand options, it can be analyzed that there are considerable gains in time, making the main line for the manufacture of vehicles without the option feasible, and making it possible to reduce costs in the total volume of options sold.

Keywords: automotive industry, assembly line, manufacturing, production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Puma GTE Lumimari</i>	14
Figura 2 – <i>Viaturas da polícia militar do Estado de São Paulo</i>	14
Figura 3 – Linha de produção de refrigerantes.....	15
Figura 4 –Linha de Montagem General Motors em São Caetano do Sul (SP).....	17
Figura 5 – Exemplo de Linha de produção tipo “U” com duas linhas de produção ...	19
Figura 6 – Tela Inicial do Software FlexSim.....	21
Figura 7 – Demonstração – Operador Software FlexSim.....	22
Figura 8 – Demonstração – Esteira Software FlexSim.....	22
Figura 9 – Demonstração da Esteira Transportadora com curva Software FlexSim	23
Figura 10 – Simulação de Linha de Produção no software FlexSim.....	24
Figura 11 – Demonstração do Robô transportador Software FlexSim	24
Figura 12 – Demonstração do Robô já inserido em esteira	25
Figura 13 – Demonstração do Elevador de carga.....	26
Figura 14 – Linha de produção Gurgel motores S/A para o modelo BR800.....	29
Figura 15 – Simulação inicial da estocagem do material a ser instalado no veículo	31
Figura 16 – Ferramenta Source e Queue.....	32
Figura 17 – Ferramenta ASRSVehicle e Processador em atuação	33
Figura 18 – Ferramenta Robô efetuando o corte, retirada e aplicação do teto solar	34
<i>Figura 19</i> – Linha de produção completa, efetuando a instalação	35
<i>Figura 20</i> – Tempo de movimentação da linha de produção.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

ANFEAVA – Associação Nacional das Fabricantes de Veículos Automotores

BIG JIT– Big Just in time

CKD – Completely Knock-Down

GEIA – Grupo executivo da indústria automobilística

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

JIT – Just in time

MPT – Manutenção produtiva total

MMULB – Modelos Mistos Balanceados em Linha “U”

MMULS – Modelos Mistos Sequenciais em Linha “U”

PCD – Pessoa com Deficiência

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PROALCOOL – Programa Nacional do Álcool

SMED – Single Minute Exchange of Die and Tools

STP – Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo geral	10
1.1.2	Objetivo específico	10
1.2	Justificativa	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Processo de produção	12
2.2	Sistema de produção	12
2.2.1	Sistema de produção sob encomenda	13
2.2.2	Sistema de produção em lotes	14
2.2.3	Sistema de produção contínua	15
2.3	Fordismo	16
2.4	Sistema Toyota de Produção	16
2.5	Just in Time	16
2.6	Linha de montagem	17
2.7	Manufatura Enxuta	18
2.8	Linha De Montagem Tipo "U"	18
2.9	O processo de simulação de sistemas produtivos	20
3	PROCESSOS METODOLOGICOS	27
3.1	Caracterização da pesquisa	27
3.2	Processo de coleta de dados	27
3.3	Processo de simulação	28
3.4	Etapas de pesquisa	29
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
4.1	Análise da linha a ser construída	31
4.2	Ferramentas de Alimentação	32
4.3	Ferramentas de Transporte	32
4.4	Ferramentas de Montagem	34

SUMÁRIO

4.5 Processo Integrado e Completo.....	34
5. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38
ANEXOS	44

1 INTRODUÇÃO

O conceito de linha de produção teve origem em 1913, idealizado por Henry Ford, e foi utilizado para a fabricação do modelo Ford “T”, possibilitando a produção de veículos em maior quantidade e menor custo. O processo de padronização e verticalização das linhas de produção veicular, regido pelo fordismo, tinha como pilar principal o domínio de todo o processo produtivo, desde a obtenção de matéria-prima, até a conformação e montagem final.

Conforme divulgado pela Anfavea (2017), quando se efetua a compra de um veículo com grande número de opcionais que não são muito solicitados, o prazo de entrega deste veículo passa pelo período médio de 30 dias e pode chegar até 90 dias. Em casos de veículos repletos de opcionais de baixa demanda o tempo médio de espera chega próximo a 180 dias, o que gera a decepção de consumidores e a desistência de compra, muitas vezes devido à necessidade da volta do veículo para a linha de montagem para instalação de opcionais como teto solar, veículos adquiridos para PCD e também no caso de veículos de cores pouco solicitadas.

Em casos de veículos de maior volume de mercado, a demora é mais expressiva, em razão da capacidade produtiva e a alta demanda pelos veículos, tanto para casos de veículos faturados no regime de venda direta (PCD) quanto para veículos com grande quantidade de opcionais (CARVALHO, 2018)

Ao longo do tempo, no mercado internacional, o processo como um todo vem sofrendo atualizações, bem como sendo automatizado e, conseqüentemente, tem sido incorporado valor para desenvolvimento de novas ferramentas. Ademais, nota-se que existem estudos de viabilidade para instalação de linhas de montagem (FOGLIATTO; LEMOS, 2003; FREITAS; OLAVE; VIEIRA, 2008), as quais, muitas vezes, tornam inviável para o mercado nacional a disponibilização de modelos ou itens opcionais, já disponíveis em mercados de maior volume.

Por outro lado, é possível verificar tentativas de desenvolvimento de tecnologias similares às já existentes, em outros locais, para serem firmadas no país, atendendo às necessidades do mercado nacional perante, principalmente, às questões de custos de implantação e de volume de vendas.

Nesse contexto, esta pesquisa aborda, no âmbito das montadoras, a avaliação da praticabilidade da inserção de uma linha de montagem no formato “U” para a

aplicação de opcionais, adquiridos pelos consumidores no ato do faturamento de um veículo zero quilômetro, apresentando as melhores aplicações para o processo.

1.1 Objetivos

Esta simulação da implantação de uma linha de produção em formato de “U” para instalação de opcionais e outros itens de pouca demanda para as montadoras, organizados conforme o objetivo geral e os objetivos específicos apresentados na sequência.

1.1.1 Objetivo geral

Consiste em mostrar a simulação da aplicação de uma linha de produção em formato “U” para instalação do acessório opcional teto solar.

1.1.2 Objetivos específicos

- caracterizar a linha de produção em “U”;
- identificar as modificações necessária para implantação de uma linha de produção “U” para instalação do opcional teto solar na indústria automobilística;
- testar, por meio de um software de simulação, a implantação de uma linha de produção em formato de “U” na instalação de teto solar;

1.2 Justificativa

A aplicação de uma linha de produção em “U”, de forma auxiliar a linha de produção principal, pode possibilitar a redução do prazo de entrega de veículos, pois a instalação de opcionais, de baixa demanda, aguarda a finalização de um lote de produtos e posterior retorno do veículo a linha de produção para instalação.

Devido à baixa demanda para certos opcionais, estes veículos, muitas vezes, aguardam até 30 dias para voltar a linha de montagem. A utilização de uma linha complementar, de menor porte físico, demandaria um espaço menor para sua

instalação, a utilização de poucos operários, pois, devido ao formato, o operador é multifuncional, atuando na instalação de dois ou mais itens.

Com a implementação desta linha adjunta se evitaria atrasos no início da produção de novos lotes de veículos, podendo ainda acarretar na diminuição do custo unitário de cada opcional, conseqüentemente, aumentando o número de consumidores satisfeitos.

2 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

A partir do estudo do tema de linha de produção em “U”, juntamente com os conhecimentos adquiridos na disciplina de sistemas de produção, onde foi apresentado os conceitos de estudo de capacidade, arranjo físico, planejamento e análise e diagramas de processos obtidos na disciplina de sistemas de gestão e qualidade. Neste capítulo são abordados os processos produtivos, os formatos de linha de produção, bem como o processo de simulação de sistemas produtivos.

2.1 Processo de produção

A evolução da sociedade propiciou a realização de grandes projetos, desde a antiguidade, tais como pontes, pirâmides, estradas e grandes embarcações, nos quais exigiram grandes esforços e evolução nos regimes produtivos (GRAEML; PEINEDO, 2007).

Nesse contexto, de acordo com Alvarez (2012), pode-se entender que produção consiste na geração de bens ou concepção de serviços, com o intuito de serem comercializados ou disponibilizados ao cliente final.

No decorrer dos anos as indústrias sofreram com a divisão entre processos de gestão e de produção, abordando a produção como um mal necessário, sofrendo a consequência tardia da busca por qualidade, a qual, anteriormente, era apenas vista como um diferencial e que, com o crescimento de mercados e o surgimento de concorrentes de grande importância, se tornou necessidade primária dentro de qualquer processo produtivo (ALVAREZ, 2012).

2.2 Sistema de produção

De acordo com Chiavenato (2005), as indústrias podem ser consideradas organizações sociais que operam como sistemas. Levando em consideração a magnitude de uma indústria automobilística pode-se considerar a montagem de um automóvel como um sistema constituído de inúmeros subsistemas, tendo quatro principais componentes:

- Entrada: que contempla todos os insumos que adentram ao sistema e o permitem funcionar.
- Saída: o produto final produzido pelo sistema.
- Processamento: o trabalho e a confecção que o sistema processa a partir das entradas, e que possibilita a saída do produto final.
- Retroação: Influência que as saídas do sistema exercem sobre as entradas.

Segundo Chiavenato (2005), para possibilitar um Planejamento e Controle da Produção (PCP) que se adeque a situações do mercado, é necessário adaptar o sistema de produção ao volume de comercialização, podendo dividir-se estes sistemas em três tipos, nos quais são abordados na sequência.

2.2.1 Sistema de produção sob encomenda

A disputa mercadológica, na indústria automobilística, tem feito com que montadoras procurem novas formas de competição. Porém, melhorar a competitividade necessita de evolução constante. Como resultado, grande parte das montadoras tem apresentado interesse em aumentar a venda de veículos sob encomenda (ROCHA; SCAVARDA; HAMACHER, 2005).

A montagem de veículos pós faturamento é aplicada em veículos com amenidades, um exemplo desse processo são os veículos com foco para pessoas com deficiência (PCD). Além da categoria denominada “PCD”, outra categoria que utiliza o mesmo processo para que montadoras não sofram com os veículos em estoque são os veículos com todos os opcionais disponíveis, ou com opcionais de grande valor agregado como teto-solar e Airbags de cortina.

Tem-se como exemplo um veículo fabricado no sistema de produção sob encomenda representado na Figura 1.

Figura 1 – Puma GTE Lumimari



Fonte: Puma Automóveis – Material de Divulgação (2017 não paginado)

No caso do Puma GTE, apresentado na Figura 1, o modelo foi relançado de forma experimental com apenas 10 unidades disponíveis que posteriormente produzidas e o comprador pode escolher a cor e o interior que deseja.

2.2.2 Sistema de produção em lotes

Os sistemas de produção em lotes são projetados para manufatura de um certo número de peças, sendo que, no fim da produção de um modelo outros veículos utilizam a mesma linha de produção.

Nota-se isso na manufatura automobilística, na produção de uma quantidade limitada de veículos comemorativos, em versões exclusivas e em casos de compartilhamento de linhas de montagem, no qual a produção, de cada lote de veículos, exige alterações de ferramental e PCP.

Também é possível perceber, pela Figura 2, que a produção em lotes pode ser caracterizada na fabricação de veículos adquiridos pelo governo, tais como viaturas de polícia e ambulâncias.

Figura 2 – Viaturas da polícia militar do Estado de São Paulo



Fonte: Governo do Estado de São Paulo (2017, não paginado)

Na Figura 2 constam as viaturas da polícia militar do Estado de São Paulo, estacionadas no pátio da General Motors, em São Caetano do Sul, produzidas pelo sistema de produção em lotes.

2.2.3 Sistema de produção contínua

O sistema de produção contínua, também conhecido como fluxo em linha, mostra uma sequência linear para fabricação do produto, onde os operadores têm uma posição fixa e os produtos se movem de um posto de trabalho a outro.

Esse sistema produtivo é utilizado na produção de determinado veículo com características básicas, classificado como “modelo de entrada”, utilizando de um sistema de produção acelerado, já que o processo produtivo não sofre mudanças.

Na Figura 3 tem-se um exemplo de sistema de produção contínua utilizado na linha de produção de refrigerantes.

Figura 3 – Linha de produção de refrigerantes



Fonte: The Manufacturer (2013, não paginado)

A fabricação de bebidas, mostrada na Figura 3, é um modelo de sistema de produção contínua, pois o regime produtivo não se altera e a produção em inúmeros casos é mantida 24 horas, sem interrupções, utilizando um sistema de amostragem para avaliar a qualidade dos produtos.

2.3 Fordismo

O Fordismo é um conceito criado por Henry Ford, o qual é caracterizado como a união entre o trabalho fragmentado com operadores em posições fixas, sendo movimentado apenas o produto a ser manufaturado. A mão de obra compartilha peças, mas a verticalização da produção permite que o operador realize apenas uma função (BOTELHO, 1992)

Na concepção de linha de montagem móvel, o produto é encaminhado pelo percurso de confecção, gerando impacto extraordinário para a produção, gerando grande economia na escala produtiva (GRAEML; PEINADO, 2007).

2.4 Sistema Toyota de produção

De acordo com Shingo, o Sistema Toyota de Produção (STP) foi concebido a partir de uma teoria geral de produção, juntamente com testes apresentados e aspectos econômicos e industriais (SHINGO, 1996).

Conforme Pacheco (2010), as técnicas dentro do STP são divididas em subsistemas, quais sejam:

- Quebra Zero: fundamenta a necessidade da Manutenção Produtiva Total (MPT) no campo do STP;
- Defeito Zero: caracterização da automação que separa as estratégias de inspeção das técnicas de inspeção;
- Troca rápida de ferramenta: Shingo concebeu o SMED que prega o tempo de preparação do maquinário em no máximo 10 minutos;
- Sincronização e melhoria constante: alinhavada com o KANBAN sob a ótica de produção puxada, que será explicada mais adiante.

2.5 JIT – Just in time

De acordo com Yamashima (1988), o método Just in Time ganhou grande destaque visando a redução de custos nas áreas de produção. Este ideal pode ser representado como produção sem estoque.

Aborda o pensamento de sanar o desperdício de mão de obra e insumos, sendo um dos pilares elementares do STP, posteriormente modernizado e promovendo a criação do Big Just In Time (MOREIRA, 2008).

2.6 Linha de Montagem

O conceito de linha de montagem define-se como um conjunto de processos e equipamentos com estações de trabalho dispostas linearmente, conectadas por um sistema de movimentação de insumos (SLANCK; CHANBERS; JONHSTON, 2009).

O processo de montagem pode ser efetuado de duas formas:

- montagem concentrada;
- montagem diferenciada.

No caso da montagem diferenciada os regimes de repetições de processos de forma constante, apresentando maior eficiência em sua execução. Ainda, dentro do processo de montagens diferenciadas, é possível caracterizar dois sub-estágios de linhas de montagem (REIS, 1964):

- Montagem diferenciada estacionária: produção em locais distintos de onde é finalizada a montagem.
- Montagem diferenciada progressiva: representa o deslocamento do produto a ser montado de uma estação para outra, onde o operador executa apenas a operação para que foi treinado.

Na Figura 4 é possível observar a linha de montagem da General Motors do modelo Astra, que teve seu fim de produção em 2011. Pode-se observar que o veículo passava pela montagem do interior, o qual não possuía opcionais nos últimos anos de comercialização visando a agilidade na produção devido à alta demanda do modelo.

Figura 4 – Linha de Montagem General Motors em São Caetano do Sul (SP)



Fonte: Carvalho (2017, não paginado)

O modelo foi descontinuado, devido à idade do projeto, que estava em comercialização desde 1997 no país, mas ainda possuía alta demanda, tendo três

versões com grande quantidade de opcionais, entre eles, banco de couro, ar condicionado digital e teto solar.

2.7 Manufatura Enxuta

Depois da Segunda Guerra surgiu a necessidade da fabricação de mercadorias com maior variedade de produtos em lotes menores. O ideal de manufatura enxuta se baseia em cinco princípios (DURAN; BATOCCHIO, 2003):

- Princípio de valor: quanto o cliente está disposto a pagar;
- Cadeia de valor: grupamento de procedimentos para a manufatura de um produto;
- Fluxo: mostra a retenção de fluxo de insumos na direção do produto manufaturado;
- Produção Puxada: regime que garante a produção de produtos necessários, para uma próxima atividade, ou para atender um cliente;
- Produção Perfeita: produção com zero defeitos, combatendo as causas dos problemas, atrasos e redução de desperdícios.

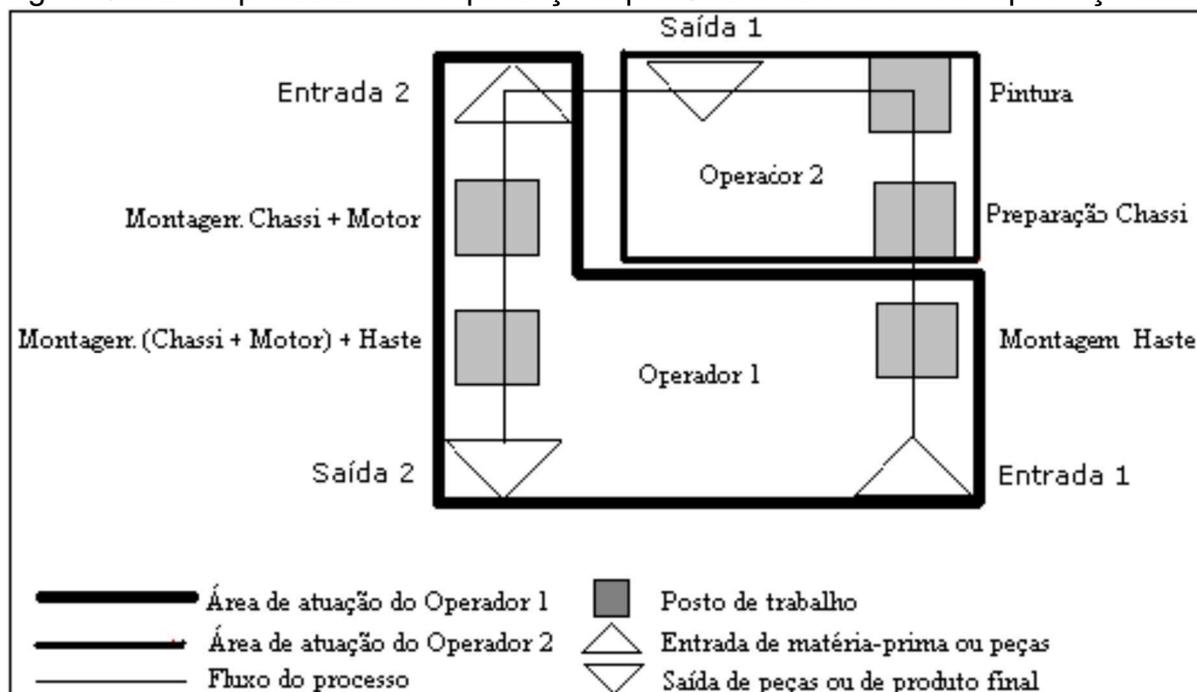
Conforme Moreira (2008), a manufatura enxuta aborda um novo regime produtivo, compreendendo todos os aspectos dos procedimentos industriais e modificando características de trabalho em objetivos parciais.

2.8 Linha de Montagem tipo “U”

Nas organizações em que os processos de manufatura são efetivados, as estações de trabalho têm o layout da linha de montagem em forma de “U” (FIGURA 5), seguindo uma coerência de movimentação, com intuito de minimizar o deslocamento do produto a ser manufaturado e diminuir as distâncias de transporte de insumos e movimentação dos operários. (FOGLIATTO; LEMOS, 2005).

Na visão de Miltenburg (2001), esse formato possibilita um único operador controlar vários equipamentos, ocupando várias posições no processo produtivo e, conseqüentemente, diminuindo a necessidade da expansão de postos de trabalho.

Figura 5 – Exemplo de Linha de produção tipo “U” com duas linhas de produção



Fonte: Fogliatto e Lemos (2005, p. 3)

A disposição em “U” é reconhecida por manter entradas e saídas junto ao fluxo de materiais e a distribuição do maquinário colaborando com a utilização de mão de obra multifuncional, facilitando o trabalho dos colaboradores. Os trabalhadores operam próximos e o percurso para fornecer a matéria prima é menor, facilitando a devolução de produtos com defeitos de fabricação para o início da linha, economizando movimentos (FREITAS; OLAVE; VIEIRA, 2008).

A dificuldade de harmonização de linhas de montagem mistas em formato de “U” já foi exposta, por Sparking e Miltenburg (1998), a partir do intuito de especificar os processos necessários no regime produtivo de vários produtos em uma única linha (GERHARDT, FOGLIATTO, CORTIMIGLIA, 2007)

Grande parte das fábricas estão modificando seus layouts produtivos para produção em modelos mistos, com a aplicação dos conceitos do JIT em suas operações. Na confecção de modelos mistos inúmeros produtos são confeccionados na mesma linha intercalando a produção, possibilitando a oferta de um maior leque de produtos de maneira econômica e pertinente (MILTENBURG; SPARLING, 2010).

Segundo Miltenbur e Sparling (2010), esclarece que o balanceamento em linhas de produção em “U” (Linha de Modelo Misto – MMULB) permite confeccionar

todos os produtos, deixando claro que o layout em “U” é extremamente adequado para a produção Mista.

As linhas de modelo misto (MMULS) são fundamentos significativos no sistema de produção JIT. Para uma acertada implementação de (MMULS) é necessária uma distribuição de funções operacionais dividindo-as corretamente nos postos de trabalho, para que as adversidades de balanceamento de linha em “U” e sequenciamento sejam sanadas de forma simultânea (KARA, 2008).

2.9 O processo de simulação de sistemas produtivos

O processo de modelagem e simulação consiste em uma experimentação computacional, na qual são usados modelos de um sistema real, ou que foi idealizado para o estudo de problemas reais, de natureza complexa, tendo como propósito testar diferentes alternativas operacionais, buscando-se encontrar e propor melhores formas de operação do sistema como um todo (CARVALHO, 2003).

A “simulação é uma imitação de uma situação real ou hipotética através de um modelo, podendo ser implementada através de programação matemática ou através de softwares (DUARTE, 2003, p. 3).

Na construção de uma simulação o aplicativo, do software de simular, atua como um ambiente de desenvolvimento de um modelo. Tal ambiente é um local de modelagem geral que deve suportar uma variedade de situações de modelagem. Mudanças controladas podem ser feitas na configuração do modelo e nas regras de gerenciamento para suporte à tomada de decisão (HARRELL; HICKS, 1998).

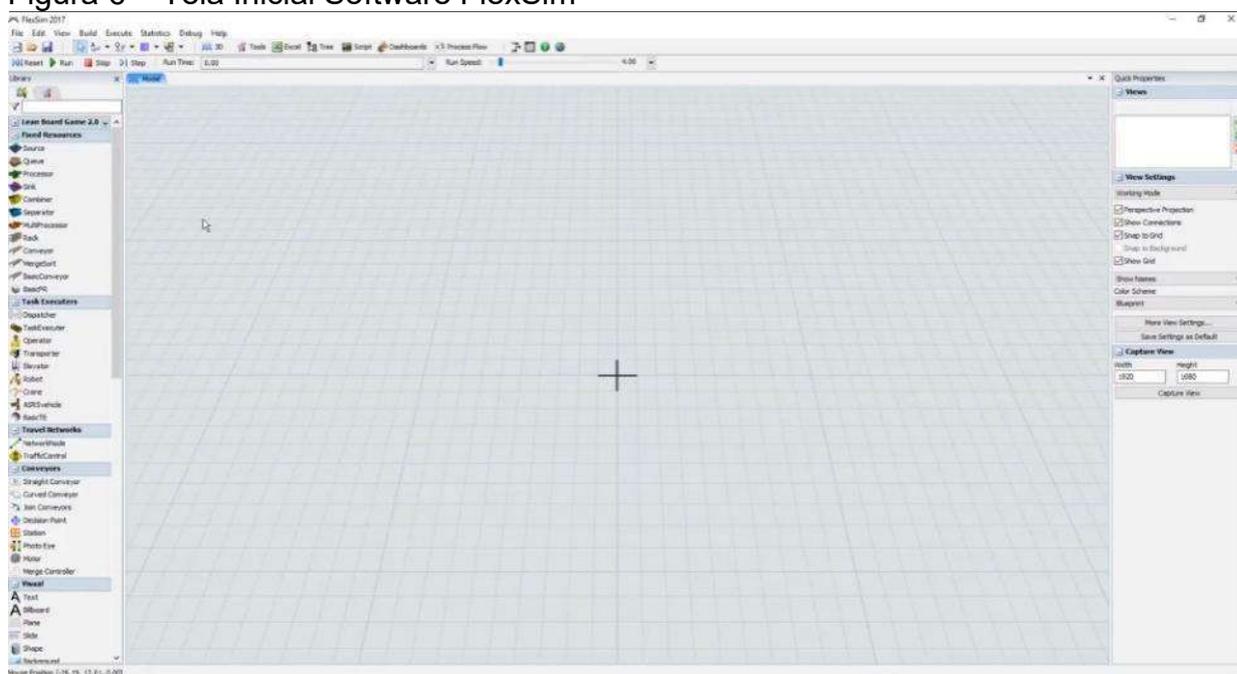
Contemporaneamente existem diversos softwares disponíveis no mercado que possibilitam auxiliar as organizações a modelar e simular um setor de produção, uma linha de produção, ou na proposta de melhoria de uma linha já existente. Um deles, disponível tanto para empresas, como para aplicação no ensino, muito usado na formação de profissionais de Engenharia de Produção, é o Software FlexSim (CASSOLO, ANTONELLI; YAMADA, 2014).

Entre as suas vantagens, estão o fato de ser uma ferramenta flexível, customizável e de plataforma aberta, que possibilita a eliminação de desperdícios e conseqüentemente, aumento dos lucros, além de simular um processo produtivo, nos mais variados formatos e gráficos, avaliando dessa forma, a viabilidade da implementação e/ou aquisição. O FlexSim utiliza orientação como objeto e faz animações em 3D (CASSOLO, ANTONELLI; YAMADA, 2014, p. 54-55).

Diante dos objetivos propostos para a presente pesquisa, será utilizada a versão “standart student”, do Software FlexSim, que fora adquirida e seus componentes que constam no Anexo A.

No processo de simulação, apresenta-se a sua tela inicial ilustrada na Figura6, apresenta os componentes básicos encontrados no software. A imagem, em tamanho expandido, encontra-se exposta no Anexo B.

Figura 6 – Tela Inicial Software FlexSim

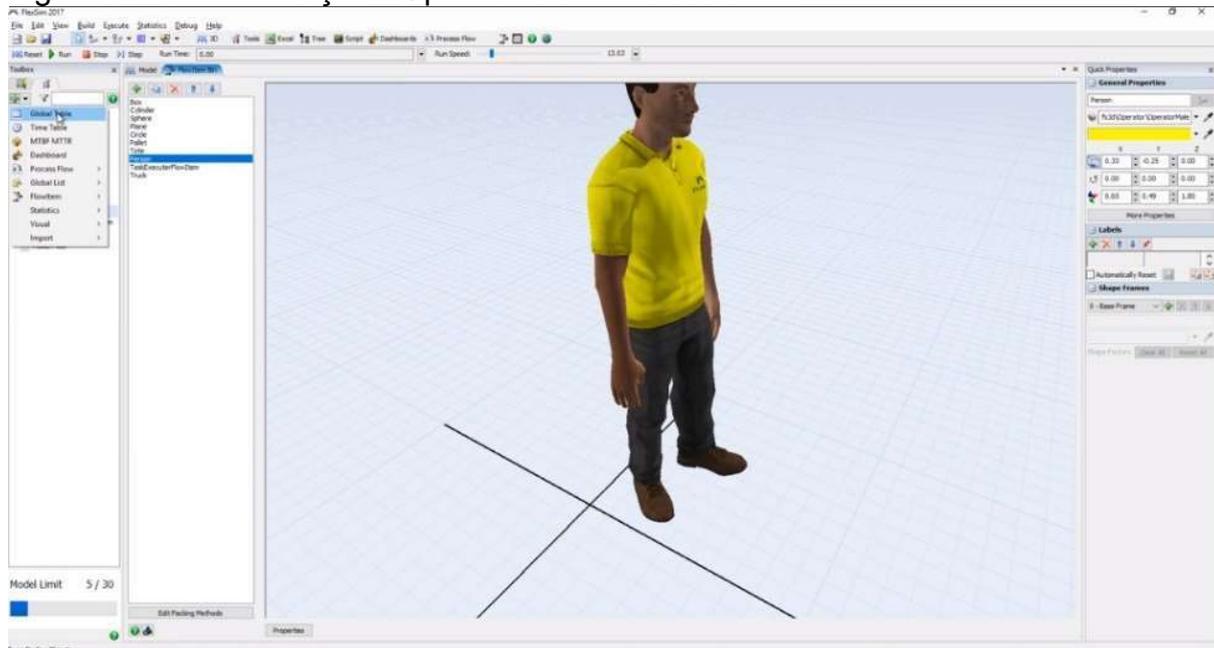


Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

Pelas funcionalidades expostas no menu, evidenciado na Figura 6, pode-se dizer que o Software FlexSim permite simular todo o sistema produtivo, possibilitando a configuração de diversos regimes produtivos, avaliando-se números de funcionários, tempo de produção e deslocamento de insumos.

Pela Figura 7 pode se observar que o operador pode se movimentar em todos os sentidos, possibilitando uma simulação realista do processo produtivo, com isso, o operador pode locomover insumos, podendo inclusive ser calculado o tempo de deslocamento.

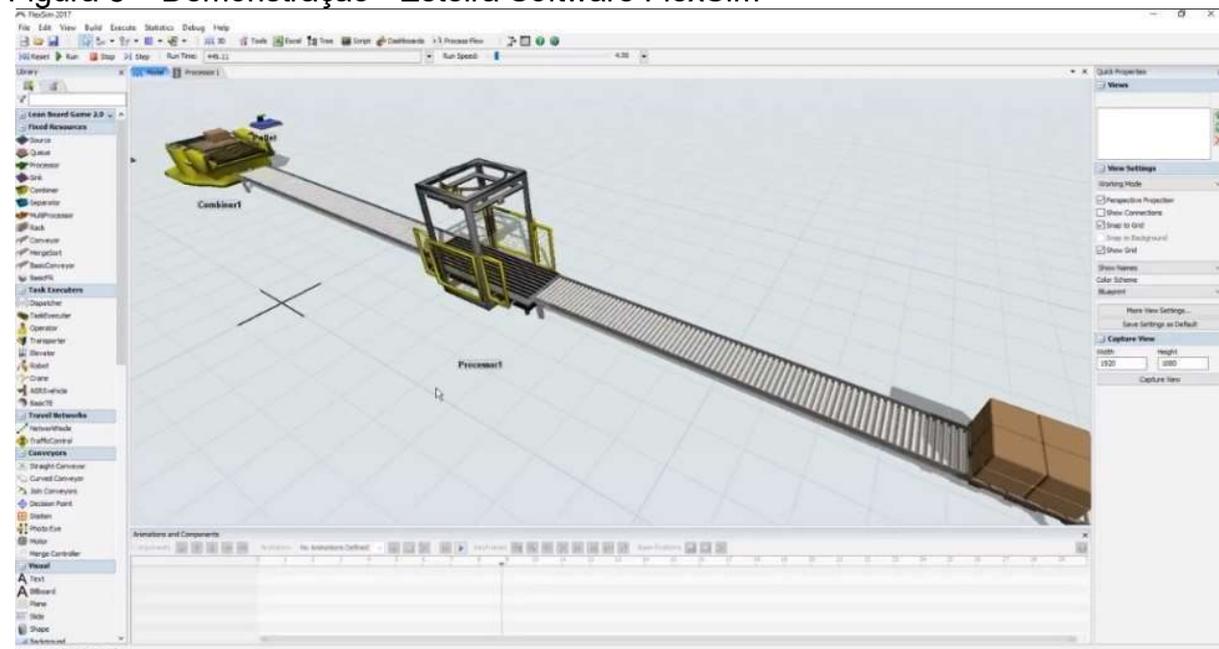
Figura 7 – Demonstração - Operador Software FlexSim



Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

Na Figura 8 observa-se a demonstração da Esteira Software FlexSim. Nesta etapa é possível modelar o sistema produtivo em vários formatos, atendendo inúmeras demandas. A imagem, em tamanho expandido encontra-se exposta no Anexo C.

Figura 8 – Demonstração - Esteira Software FlexSim



Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

A partir disso, é possível observar a versatilidade do software, pois ele proporciona uma multifuncionalidade de estudos manufatura produtos e planejamentos de linhas de produção em vários formatos. É possível observar a flexibilidade de idealização de regimes produtivos, em vários formatos. Neste sentido, para o desenvolvimento desta pesquisa foi adotada a simulação de linha de produção em formato de “U”, como já citado e com imagem ilustrando isso na Figura 9.

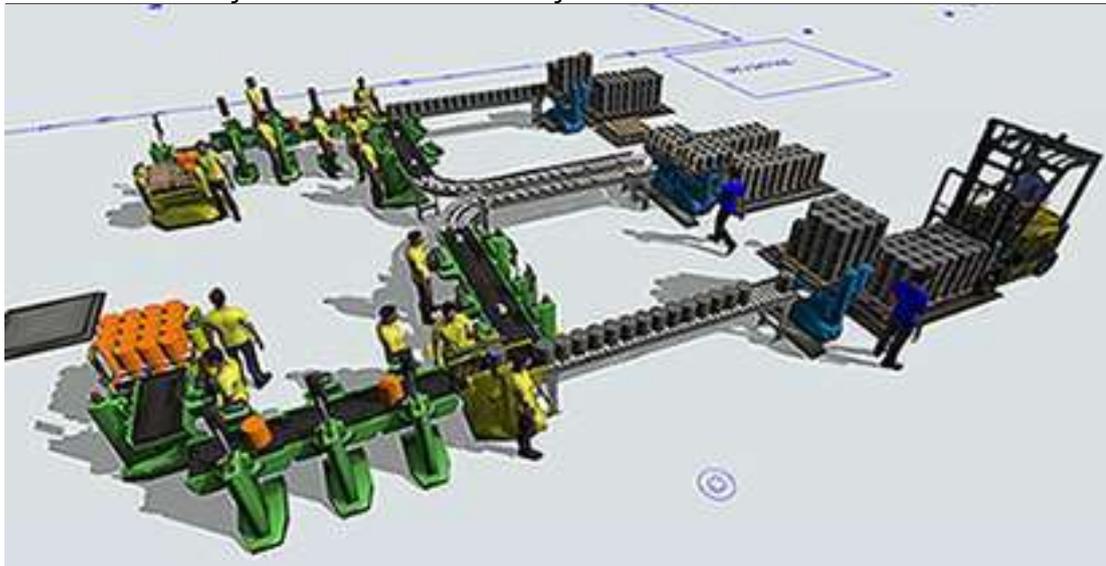
Figura 9 – Demonstração da Esteira Transportadora com curva Software FlexSim



Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

Além da concepção de linhas de produção em vários formatos, o software ainda possibilita a aplicação de operários no processo produtivo, fazendo a máxima aproximação do regime produtivo de uma indústria já existente. O FlexSim ainda permite a mesclagem do regime produtivo, com a movimentação de insumos e produtos já confeccionados, podendo ser aplicados empilhadeiras, esteiras rolantes e trilhos, como apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Simulação de Linha de Produção no software FlexSim

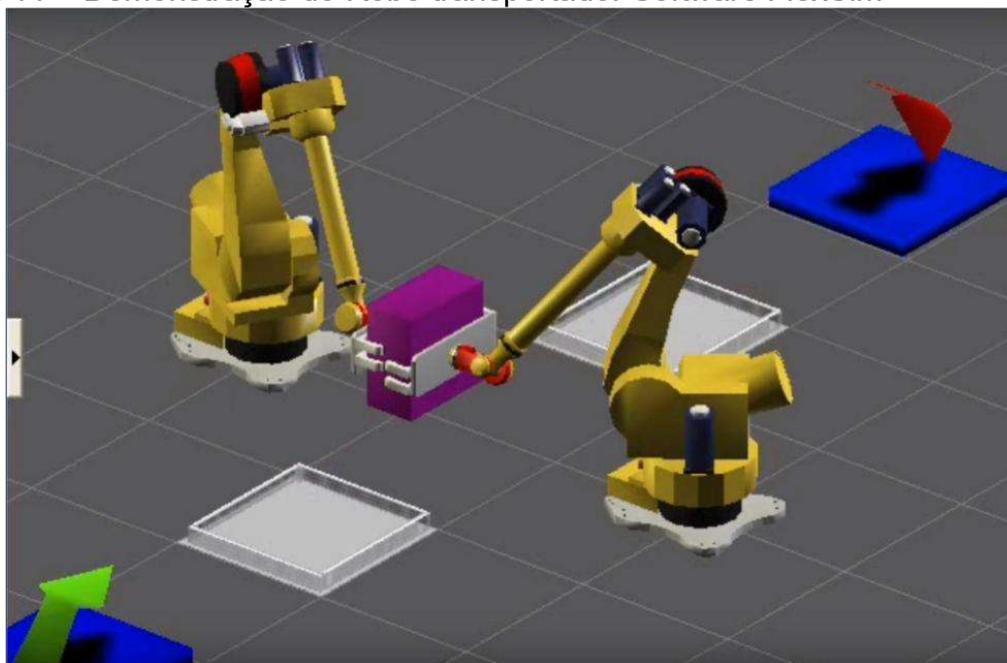


Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

A partir da simulação do regime produtivo é possível avaliar a necessidade de aquisição de novos equipamentos e atualização dos já existentes e dificuldades de movimentações internas que dificultam a produção.

O software também possibilita a simulação de robôs em operação, o que é importante para este trabalho, pois permite uma melhor apresentação de uma linha produtiva automobilística, como apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Demonstração do Robô transportador Software FlexSim

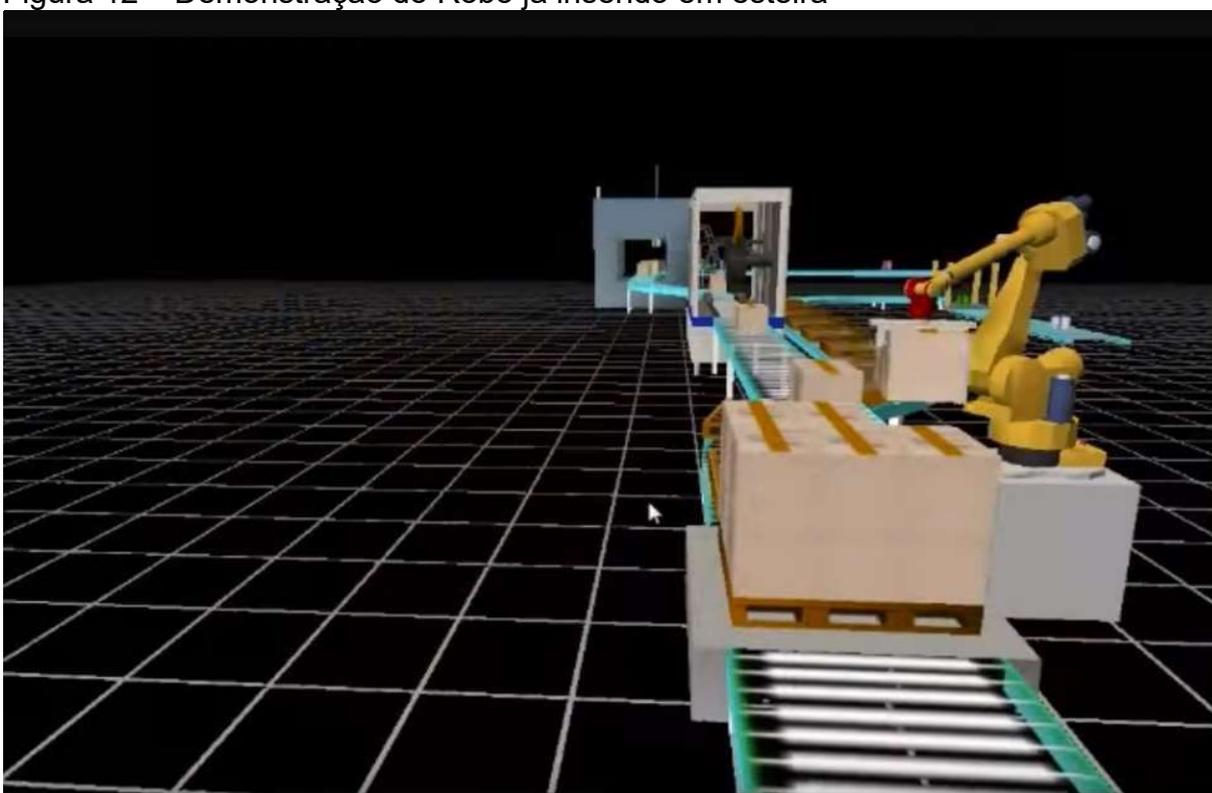


Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

A partir do exposto na Figura 11, é possível idealizar uma linha de produção completa, pois, com os robôs que fazem a instalação de opcionais, torna-se possível simular todo o processo de solda, efetuada nos monoblocos dos veículos, e a instalação de opcionais, como o teto solar.

O programa ainda proporciona realizar uma mesclagem de linhas de produção, podendo ser simuladas esteiras, juntamente com robôs, colaborando para uma simulação mista, mais próxima da realidade de uma linha de produção, como apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Demonstração do Robô já inserido em esteira

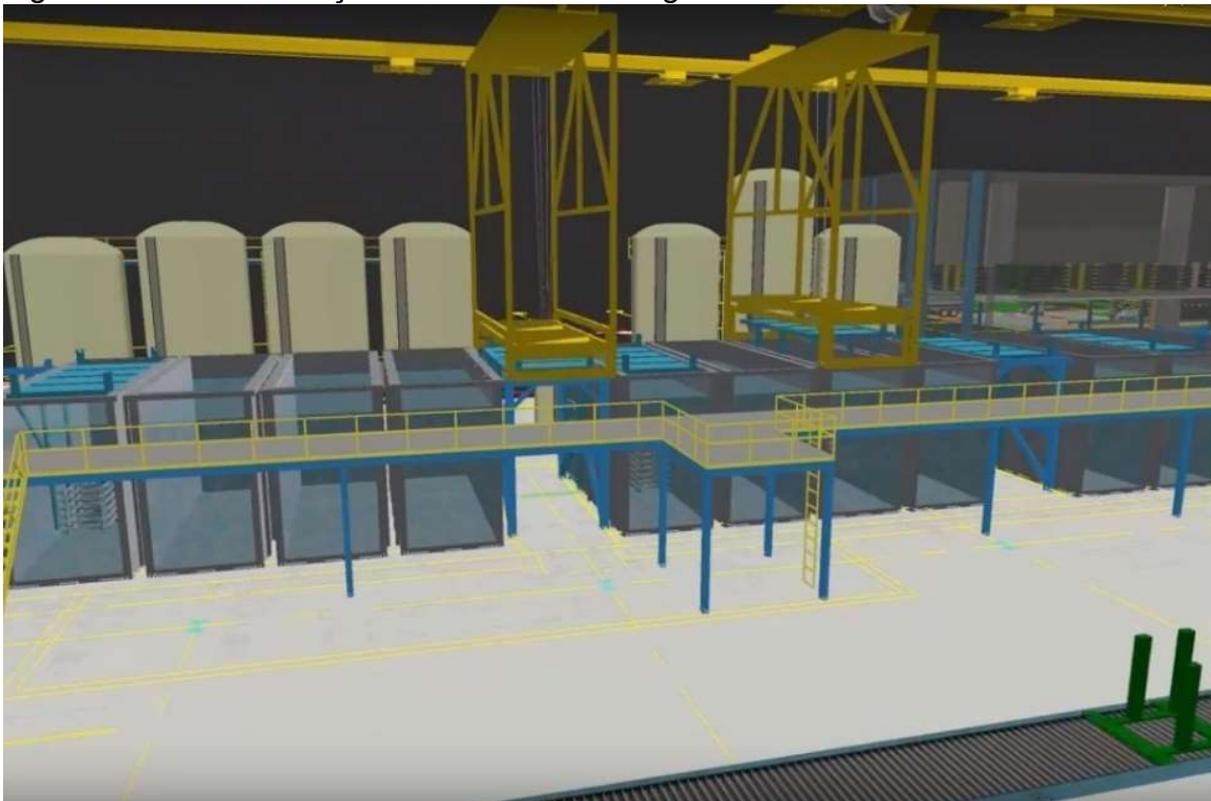


Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

Cabe dizer que a simulação mista é de grande serventia para todos os processos fabris da indústria, pois atende à demanda de simulação e possibilita um planejamento do sistema produtivo, de forma mais completa e segura, propiciando estudo de todo o processo (TANURE; BETÂNIA, 2011).

O software FlexSim torna ainda possível a simulação de transporte de carga industrial com elevadores (FIGURA 13), tendo importância neste trabalho, pois simula a movimentação de monoblocos de veículos entre linhas de produção, onde serão instalados opcionais.

Figura 13 – Demonstração do Elevador de carga



Fonte: FLEXSIM (2018, não paginado)

A partir das ilustrações apresentadas neste tópico é possível compreender que o simulador se adapta a variadas situações que pairam sobre a indústria e que o Software FlexSim pode atender as necessidades de desenvolvimento da presente pesquisa, neste caso, de simulação da implantação de uma linha de produção em formato de “U” para instalação de opcionais e outros itens de pouca demanda para as montadoras.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo consta o método e o conjunto de procedimentos e técnicas utilizados para se coletar, apresentar, analisar e discutir os resultados desta pesquisa. Para Fonseca (2002), métodos significam organização, e logos, estudo sistemático, pesquisa, investigação; ou seja, metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência.

3.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso referente a simulação de uma linha de produção delineada em uma linha de produção em “U” para a indústria automobilística. Por meio de uma ferramenta denominada FlexSim, projetada para avaliar sistemas de manufaturas flexíveis e, a partir de um banco de dados pré-modelados, que atende inúmeras áreas, além da possibilidade de inserção de foi realizada a simulação.

O FlexSim, como software de simulação profissional fornece suporte extensivo para construir e analisar modelos de simulação. Possibilitando a variação de linhas de produção e adotando diferentes formas de processamento de insumos, é possível avaliar a viabilidade de uma linha de produção para atender a demanda de opcionais de indústrias automobilísticas de diferentes fases da montagem.

3.2 Processo de coleta de dados

A fabricação de um automóvel é um sistema complexo, que funciona em formato de linha, onde cada operador realiza uma função, juntamente com robôs que efetuam a instalação de equipamentos e soldagem do monobloco.

O modelo de simulação pelo FlexSim é orientado por dados, diante disso, sem dados o modelo se torna inútil e pode não funcionar. Observa-se que, pelo FlexSim, objetos de modelagem são colocados e dispostos em um layout, ou superfície de simulação, que se assemelha à disposição física do sistema que está sendo modelado. Os objetos são conectados para representar o fluxo de itens através do modelo, permitindo a comunicação entre os objetos.

Cabe dizer que tais objetos armazenam: (1) itens aguardando processamento (devido a atrasos não planejados); (2) objetos de processamento que modificam ou criam atrasos planejados para itens conforme eles fluem através do modelo (operações de serviços); (3) transporte de objetos que movem itens através do modelo, entre outros elementos.

Entre os dados necessários, tem-se dimensão padrão de espaço na tela de layout da simulação; a unidade de tempo entre chegadas, os horários de chegada, a sequência de chegada. Existem ainda as unidades básicas ou objetos que são usados para construir o modelo de simulação, ou seja, as entidades, que podem ser recursos fixos e recursos móveis, abrangendo caixas, produtos, executores de tarefas, robôs, documentos, empilhadeira, guindaste, esteiras rolantes, trilhos, entre outros.

Os processos de movimentação das peças dentro da simulação, juntamente com os tempos de movimentações estão apresentadas na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Tempo de movimentação de ferramentas de transporte

ASRSVehicle	0,015 m/s
Processador	0,010 m/s

Fonte: Frainer (2010, p.101)

3.3 Processo de simulação

O modelo de montagem utilizado neste trabalho simula uma linha de montagem compacta, aplicada para finalização de veículos faturados pelos seus proprietários no ato da compra, que incluem opcionais de baixo volume de saída, no caso o teto solar, fazendo com que os veículos tenham que percorrer a linha de produção mais de uma vez, apenas para a instalação deste item.

Tem o conceito de linha de produção em formato de “U”, no qual possibilita a disponibilização de uma menor quantidade de operários, haja vista que um mesmo operário executa várias funções. Assemelha-se ao exemplo de linha compacta a linha de produção do BR-800 da Gurgel Motores S/A, como apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Linha de produção Gurgel motores S/A para o modelo BR800



Fonte: Caldeira (2008) p. 49

Apesar da linha de produção do BR-800, apresentada na Figura 6 não adotar o layout “U”, mas segue o mesmo regime, onde um mesmo operador executa vários processos da montagem.

O veículo selecionado para a simulação foi um dos modelos disponíveis no software, por causa da dificuldade de inserção de novas skins devido ao peso do software na memória do computador utilizado para efetuar a simulação.

3.4 Etapas da pesquisa

A pesquisa iniciou com a avaliação de processos produtivos para instalação de opcionais em veículos faturados. Sabendo-se disto, foi necessário avaliar a demanda de opcionais, e seus pacotes (que incluem vários opcionais em um preço único).

A partir daí foi avaliada a forma e os procedimentos de instalação de cada opcional, considerando casos onde são necessárias modificações na parte estrutural do carro, no caso do teto solar, incluindo a solda e a finalização de acabamento interno. O programa de simulação permite a simulação completa de um sistema produtivo desde o operador até o embarque da mercadoria.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O processo de simulação constitui-se de uma análise do sistema produtivo e o planejamento de uma linha auxiliar para instalação de acessórios, neste caso o “teto-solar”, que inclui um processo de soldagem e a finalização de acabamento interno.

De acordo com Muniz (2016), a construção interna do veículo Fiat Toro possui um tempo médio (de composição de duas horas, devido à complexidade da montagem dos itens internos, a necessidade de uma grande qualidade de acabamento, a instalação de itens – importantes, tais como airbags, bancos, módulos, forros de teto, entre outros componentes –, além do posicionamento deles no veículo, da soldagem e da verificação pelo operador.

Tendo em vista toda a heterogeneidade, a montagem do teto-solar acrescenta maior adversidade, além disso, integraliza cerca de trinta e cinco minutos na composição do teto solar, no veículo apenas do opcional além da necessidade de retardar a montagem de veículos que não possuem esse item. A Tabela 2 mostra a montagem interna do veículo de forma completa, juntamente com a instalação do teto-solar.

Tabela 2 – Tempo médio de montagem interna de um automóvel

Montagem interna convencional	7200 segundos
Instalação de Teto Solar	2100 segundos
Montagem interna total	9300 segundos

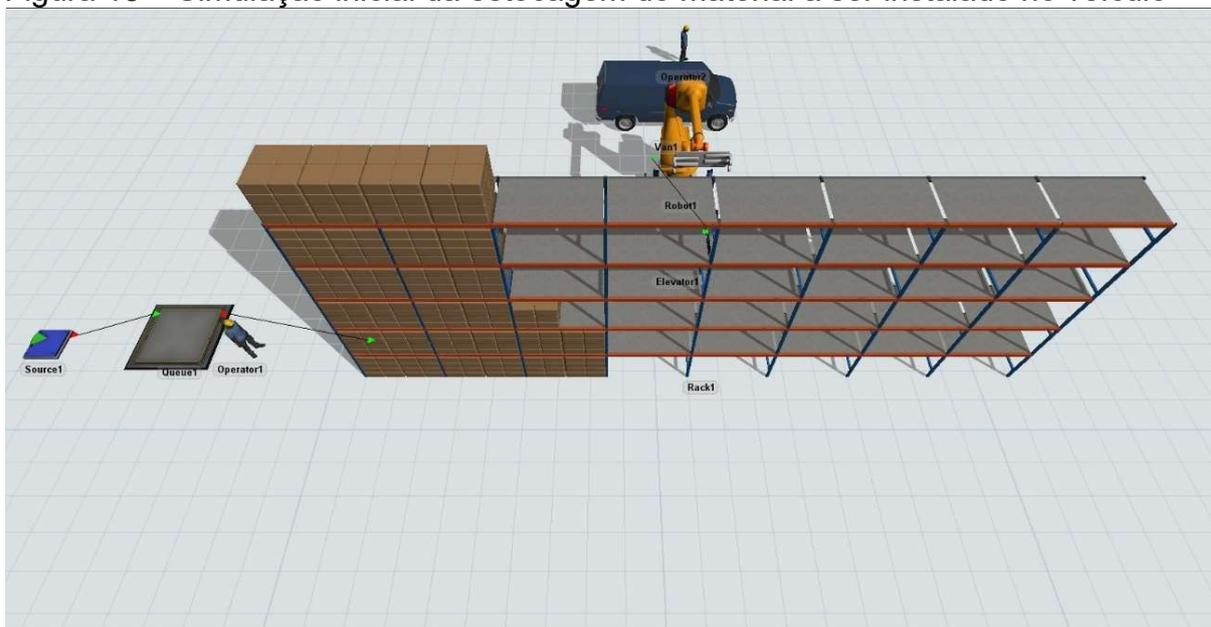
Fonte: Muniz (2016, p.3)

A utilização de uma linha de instalação adjunta à linha principal de manufatura, tem como intuito a descompressão da linha de montagem principal e prevenir atrasos na entrega de todos os veículos em geral, pois, para efetuar a instalação desse tipo de opcional é necessária a reorganização da linha de montagem.

Diante disso, para não gerar atrasos na confecção de veículos de maior demanda, grande parte das montadoras utiliza-se do sistema de lista de espera, acumulando pedidos dos veículos com tal item, e efetuando a montagem dos mesmos em uma única data, acarretando enorme demora na entrega (CARVALHO, 2017).

É possível simplificar a instalação de itens de baixa demanda, aplicando uma linha de montagem auxiliar a partir da simulação de um processo completo de manufatura incluindo estoque, transporte e montagem como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Simulação inicial da estocagem do material a ser instalado no veículo



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Conforme a Figura 15, o sistema precisará de uma fonte de alimentação, uma ferramenta que atuará como estoque e local onde poderão ser retirados os materiais para aplicação na linha de produção. O FlexSim disponibiliza ferramentas para tais funções, no qual é possível verificar, em destaque, a ferramenta “Rack” que possibilita a interligação do estoque com a linha de produção.

4.1 Análise da linha a ser construída

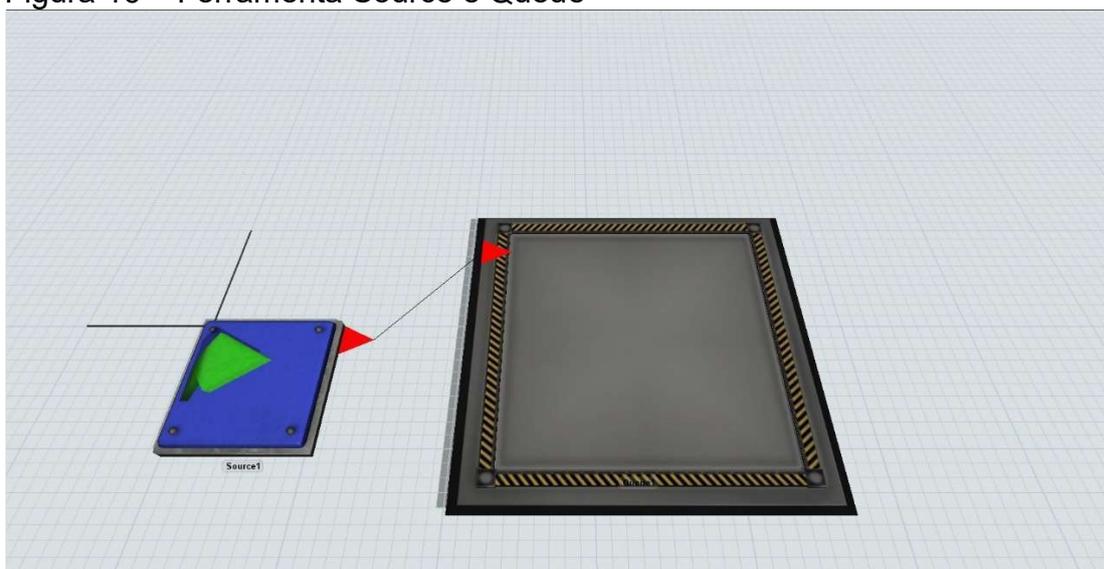
O procedimento de montagem de linha de produção automobilística consiste na análise do processo como um todo, para efetuar o melhor posicionamento do sistema, gerando economia de custos e de tempo de produção, além de aplicar uma menor quantidade de operadores e máquinas, e além disso efetuando a redução do tempo de instalação do teto solar.

4.2 Ferramentas de alimentação

O Software aplicado nesta simulação disponibiliza uma série de ferramentas que podem ser transformadas em inúmeras aplicações. Uma dessas ferramentas, considerada a mais necessária, denomina-se “Source”, tem como finalidade ser a fonte de alimentação de todo o processo, seja no processo de ligação de maquinário.

Aplicando a ferramenta “Source”, que possui a incumbência de atuar como uma fonte de alimentação, sendo um dos componentes principais, combinada com a Ferramenta “Queue”, pois esta última possui a funcionalidade de atuar como um estoque, alimentado as prateleiras de estoque de produtos para a Linha de produção. É possível verificar a simbologia das ferramentas na Figura 16.

Figura 16 – Ferramenta Source e Queue



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

É necessário frisar que sem a ferramenta “Queue” não é possível efetuar a simulação, pois não existirá alimentação na linha de produção. Com a aplicação das duas ferramentas combinadas houve o início da alimentação do Rack com as peças para montagem.

4.3 Ferramentas de transporte

Para efetuar a integração do sistema de estocagem e da linha de produção são necessárias algumas ferramentas de execução e transporte. Neste caso a aplicação

da ferramenta denominada “ASRSVehicle”, que efetua a integração com a ferramenta Rack, com a linha de processamento, onde os operadores efetuam a preparação para instalação que, posteriormente, será instalado via Robô no veículo.

O ASRSVehicle efetuará a coleta do produto nas estantes de depósito e os colocará na esteira para ajustes efetuados pelos operadores, essa ferramenta possui um trilho que atua em todo o comprimento do Rack retirando os insumos necessários do estoque e os transportando para a ferramenta denominada Processador, que atua como esteiras, onde os operadores efetuam os ajustes necessários para a coleta pelo Robô.

A Figura 17 apresenta todo o processo de coleta dos produtos no rack de estocagem, e o transporte e disponibilização dos insumos nas esteiras de processamento.

Figura 17– Ferramenta ASRSVehicle e Processador em atuação



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Com isso é possível observar o ganho em tempo na montagem do acessório, além da disponibilização da linha de montagem principal para manufatura de veículos sem o opcional, que possuem uma demanda consideravelmente maior.

4.4 Ferramentas de montagem

A metodologia de produção nesta simulação utiliza-se da aplicação de dois robôs, os quais um tem a função de efetuar o corte a laser do teto do veículo, juntamente com a remoção da chapa de metal, e o segundo robô tem a função de retirar o teto solar a ser instalado da linha de ajustes, onde os operadores humanos fazem pequenos ajustes, caso necessário, e o robô – já portando a peça em preto – efetua a colocação do teto solar no veículo, juntamente com a selagem da instalação, para que não ocorra vazamentos, como apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Ferramenta Robô efetuando o corte, retirada e aplicação do teto solar



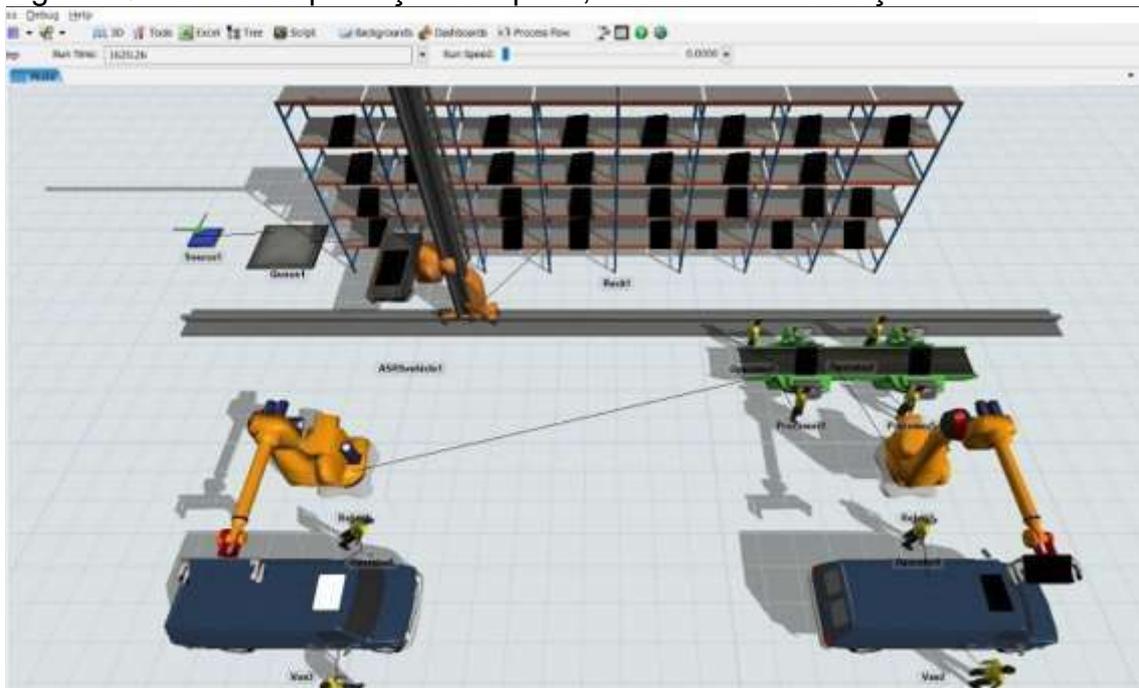
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Como uma forma de alcançar uma maior velocidade na montagem e menor emprego de equipamentos de alto custo, considerando o grande valor agregado de cada robô e a necessidade de programá-lo a cada alteração de item a ser produzido, é possível o alinhamento com o fornecedor de folhas de teto já com os cortes efetuados. A dificuldade enfrentada é a baixa demanda de veículos com teto solar devido ao alto custo do item unitário.

4.5 Processo integrado e completo

O regime integrado da linha de produção, operando de forma completa, apresentado na Figura 19, expõe toda a linha de forma completa, suas ferramentas em operação de forma integral, com todos os colaboradores, denominados de operadores. Os operadores têm a atribuição de analisar se as peças a instaladas possuem algum tipo de falha.

Figura 19 – Linha de produção completa, efetuando a instalação



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

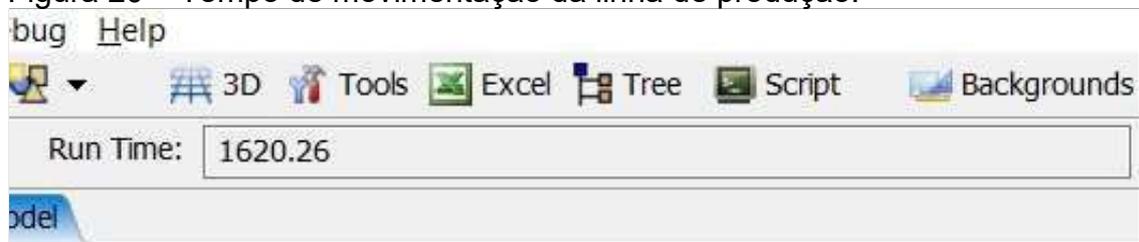
Pela Figura 19 nota-se que, na linha de produção completa, a integração de todos os modelos é feita através das linhas, dentro da ordem de funcionamento. Os operadores posicionados nos processadores possuem a finalidade de avaliar a qualidade da peça a ser instalada e operar as esteiras, juntamente com o elevador denominado ASRSVehicle, que efetua o transporte das peças do rack para os processadores, no mesmo momento em que o robô 1 efetua o corte e a retirada da chapa de metal do teto do veículo.

Adiante, o veículo é levado para o próximo robô, que efetua a retirada da peça no processador e o posiciona na parte superior do veículo, no mesmo momento em que os oito operadores posicionados próximos aos veículos verificam a qualidade da abertura efetuada pelo robô 1, e a aplicação da peça delineada pelo robô 2, e seus respectivos operadores verificam a qualidade da instalação do equipamento.

Observa-se que, pelo processo apresentado na Figura 20, a instalação foi realizada em cerca de vinte e seis minutos, além disso, não afetando a produção de veículos desprovidos de tal opcional.

Essa situação do tempo de instalação é possível observar, melhor, na Figura 20, a qual apresenta uma célula denominada Run Time, que mostra o tempo estimado de 1620,26 segundos. Com isso, é possível efetuar a conversão para minutos e verificar que o tempo de instalação foi de vinte e seis minutos.

Figura 20 – Tempo de movimentação da linha de produção.



Vale dizer que o tempo apurado para posicionamento e instalação de um teto solar, em uma linha de produção convencional, por Silva (2003), é de trinta e cinco minutos, incluindo os impedimentos de instalação de uma forma convencional, devido à necessidade da parada do processo produtivo de outros veículos sem esse opcional.

5. CONCLUSÕES

O opcional de teto-solar é um item de requinte em veículos e os consumidores que adquirem esse item aceitam pagar um valor consideravelmente maior. Porém, em inúmeros casos eles desistem da compra desse opcional devido à morosidade na entrega do veículo, que ocorre por causa da complexidade da montagem e da necessidade de utilização da linha de montagem principal.

Com o entendimento de que com a utilização de uma linha de montagem suplementar poderia corrigir essa demora, que os consumidores padecem para receber seus veículos, mesmo pagando um alto valor pelo opcional, procurou-se, na presente pesquisa, mostrar a simulação da aplicação de uma linha de produção em formato “U”, para instalação do acessório opcional teto solar.

O estudo realizado deixou evidenciado que a instalação do teto solar, em linha convencional, ocorre em 2100 segundos e que, com a instalação do teto solar em uma linha de produção em formato “U”, esse tempo pode diminuir para 1620,26 segundos. Então, pode-se afirmar que ocorre um ganho de tempo na montagem do opcional, na produção linha em “U, devido ao ganho de tempo de montagem da peça, além da disponibilização da linha principal para a produção de outros veículos sem o opcional.

Com base nos dados obtidos na presente pesquisa foi possível ter a noção de que a aplicação de uma linha de montagem adjunta à linha de montagem convencional pode contribuir em várias frentes para a montagem automobilística de um modo geral, sendo esta linha nesta simulação aplicada apenas em um item.

Além disso, é possível ainda a interligação de várias linhas de montagem, para que o processo de instalação de opcionais de veículos de baixa demanda não sobrecarregue a linha de montagem principal.

Diante disso, pode-se sugerir, para estudos futuros, que seja investigado se ocorrem benefícios na liberação da linha de montagem principal e quais são eles. Em outra situação pode-se considerar se há crescimento da demanda pelo item, devido ao desenvolvimento dessa linha de montagem suplementar em formato “U”. Também se imagina verificar a possibilidade de redução do custo unitário de cada peça, a qual pode ocorrer devido ao aumento no volume de vendas e na possível negociação de valores com os fornecedores.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, E, B: **Gestão da Qualidade Produção e Operações**. Local: São Paulo, Atlas, 2ª Ed., 2012.

ARAVANIS, E: Os primórdios da indústria automobilística no Brasil. O caso da “General Motors” (1924 a 1935); ENCONTRO NACIONAL DE HISTÓRIA, 9, 2008 Porto Alegre, **Anais Eletrônicos**, Porto Alegre, RS, Brasil, 2008.

BACHUR, J, P: Federalismo Fiscal, atribuições fiscais, constitucionais e equalização regional EUA, Alemanha, Brasil, em perspectiva comparada, **Revista do Serviço Público Brasileira**, 2005, v. 56, p. 4.

BOTELHO, A: Fordismo, Toyotismo e Volvismo: Os caminhos da indústria em busca do tempo perdido, **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, p. 6-18, Set/Out 1992.

CALDEIRA, L: **Gurgel um brasileiro de Fibra**, Editora Alaúde, São Paulo, 2008.

CARVALHO, L. S. **Modelagem e simulação**: poderosa ferramenta para a otimização de operações logísticas.2003. Disponível em: <https://sitedalogistica.webnode.com.br/news/modelagem%20e%20simula%C3%A7%C3%A3o%20-%20poderosa%20ferramenta%20para%20a%20otimiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20opera%C3%A7%C3%B5es%20logisticas/>. Acesso em: 22 nov. 2018.

CARVALHO, E, G: Globalização e Estratégias competitivas na indústria automobilística: uma abordagem a partir das principais montadoras instaladas no brasil: **Gestão & Produção** v. 12, n. 1, p. 121-132, 2005.

CARVALHO, I: Carros para PcD demoram mais de três meses para serem entregues. **Revista Quatro Rodas**, São Paulo, Mar de 2018. Disponível em <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/carros-para-pcd-demoram-mais-de-tres-meses-para-serem-entregues/>. Acesso em 12 de Out. 2018.

CARVALHO, I: Como funciona uma linha de montagem de automóveis? **Revista Quatro Rodas**, São Paulo, Mai. de 2017. Disponível em <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/como-funciona-uma-linha-de-montagem-de-automoveis/>. Acesso em 10 Nov. 2018 **il.color**.

CARVALHO, A; HOURNEAUX JÚNIOR, F. A sustentabilidade na indústria automobilística, vantagem competitiva, ou sonho distante? **Revista ADM, UFSM**, v. 5, p. 785-798, 2012.

CASSOLO, A. M.; ANTONELLI, G. C.; YAMADA, M. M. Análise da simulação de uma linha de produção no segmento da confecção industrial com o software FLEXSIM. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 1, n. 2, p. 53-65, 2014.

CASSOTTI, B, P; GONDENSTEIN, M: Panorama do setor automotivo: as mudanças estruturais da indústrias e as perspectivas para o Brasil: **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 28, p. 147-188, 2008.

CHIAVENATO, I: **Administração da produção uma abordagem introdutória**. São Paulo: Campus, 2005.

CONSONI, F, L; CARVALHO, R, Q. Desenvolvimento de Produtos na Indústria Automobilística Brasileira: Perspectivas e Obstáculos para a Capacitação Local. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 6, n. 1, Curitiba Jan/abr. 2002; p. 39-61.

COSTA, R, M; HEWKIN, H: Estratégias competitivas e desempenho da indústria automobilística no brasil, **Revista Economia e Sociedade**, Campinas v. 25, n. 2, 2016

DUARTE, R. N. **Simulação Computacional**: análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de auto-peças.168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, 2003

DURAN, O; BATOCCHIO, A: Na direção da manufatura enxuta através da J4000 e o lem, **Revista Produção Online**, v. 3, n. 2, 2003.

FLEXSIM. **Divulgação promocional**. Disponível em: <http://www.newtarget.eng.br/flexsim.html> Acesso 03 de Setembro de 2018; **il.color**.

FOGLIATTO, F, S; LEMOS, F, O. Implantação de *layout* tipo “U” na linha de produção de uma empresa de pequeno porte. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, **Anais eletrônicos**, Ouro Preto, MG Brasil, 2003.

FRAINER, D, M: **A estrutura e a dinâmica da indústria automobilística no Brasil:** (Tese de Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010.

FREITAS, A, O; OLAVE, M, E, L; VIEIRA, R, K: Manufatura enxuta como ferramenta na mudança de layout do formato de U para o formato em I, um estudo de caso. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18, 2008. Rio de Janeiro, **Anais eletrônicos**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil 2008.

GAITHER, N; PEINADO, J. **Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços)**. São Paulo: Pioneira. 2007.

GERHARDT, M, P; FOGLIATTO, F, S; CORTIMIGLIA, M, N: Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização em massa. **Revista Gestão & Produção**, v. 14, n. 2, p. 267-279, 2007

GRAEML, A R; PEINADO, J. **Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços)**, Curitiba: Unicemp, 2007.

HARRELL, C. R.; HICKS, D. A. **Simulation Software Component Architecture For Simulation-Based Enterprise Applications**. In Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1998, pp. 1717-1721. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.1.2055>. Acesso em: 22 nov. 2018.

KARA, Y. Line balancing and model sequencing to reduce work overload in mixed-model U-line production environments. **International Journal of Production Economics**, v. 40, p. 669-684, 2008.

MILTENBURG, J. U-shaped production lines: A review of theory and practice. **International Journal of Production Economics**, v. 70, p. 201-214, 2001

MILTENBURG, J; SPARLING, D. (2010a) The mixed-model U-line balancing problem. **International Journal of Production Research**, v. 36, p. 485-501, 1998.

MOREIRA, D, A: **Administração da produção e Operações**. São Paulo. Cengage Learning, 2008.

MUNIZ, G, B. Nas lojas: Fiat Toro com teto solar tem 90 dias de espera. **Revista Auto Esporte**, São Paulo, 2016. Disponível em:

<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2016/03/nas-lojas-fiat-toro-com-teto-solar-tem-90-dias-de-espera.html>. Acesso em: 12 de Out de 2018.

NASCIMENTO, M, S: Implantação e evolução da indústria automobilística no Brasil, **Revista Tocantinense de Geográfica, Araguaína** (TO1): Ano 05, nº 07, p. 67-79, 2016.

NETTO, D, A, C: Legitimação da Ditadura: A propaganda comercial em foco, SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, AMPUH, 25, **Anais eletrônicos**, Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, V, R; ROCHA, H, M: Gerenciamento de Riscos operacionais em montadoras de veículos; **Revista Pretexto**, v. 15, n. 4, p. 27-45, 2014.

PACHECO, D, A, J: **A proposição de estratégias para levar capacidade das estruturas em sistemas produtivos a aplicação integrada da teoria das restrições e do Lean Manufacturing**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, Anais eletrônicos, São Carlos, SP, Brasil 2010.

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO: Título: PM recebe reforço de 196 novas viaturas para o patrulhamento de SP, 2017, Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/pm-recebe-reforco-de-196-novas-viaturas-para-o-patrulhamento-de-sao-paulo/>. **il.color**.

Puma Automóveis; Título: Lançamento do Puma GT 2.4 Lumimari. Ano 2017. Disponível em: <https://pumaautomoveis.com.br/sem-categoria/httpwww-pumaautomoveis-com-brwp-contentuploads201709captura-de-tela-2017-09-26-as-14-25-09-1-png/>. **il.color**.

REIS, D. A: O planejamento do procedimento da montagem, **Revista de Administração de Empresas**, v. 4, n. 12, 1964.

ROCHA, E. V.; SCAVARDA, A, L, F; HAMACHER, S: **Considerações sobre a Produção sob Encomenda e Customização em Massa aplicadas à Indústria Automotiva**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13 Anais eletrônicos, Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

SAWADA, S, Y; CARVALHO F; ROMERO, V; MOZARDO, R. **ANFAVEA - Associação Nacional das Fabricantes de Veículos Automotores**, São Paulo, Anuário 2017.

SILVA, C, L: Competitividade e Estratégia Empresarial: Um estudo de caso da indústria automobilística Brasileira na década de 1990, **Revista FAE**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 35-48, 2001.

SILVA, R: Industria automobilística nos anos 90, uma nova territorialização: Boletim Goiano de Geografia, **Anais eletrônicos**, v. 23, n 1, Goiana, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SPARLING, D.; MILTENBURG, J. The mixed model U-line balancing problem. **International Journal of Production Research**, v. 36, n. 2, p. 485-501, 1998.

TANURE, B BELINI, C; PATRUS, R. **A virada estratégica da Fiat no Brasil: Liderança de mercado e liderança de resultados**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

THE MANUFACTURER. **Coca-Cola Enterprises aims to boost recycling in Scotland this summer**, Ano: 2013 Disponível em: <https://www.themanufacturer.com/articles/coca-cola-aims-to-boost-recycling-in-scotland-this-summer/>. Acesso em: 24 de Set de 2018; **il.color**.

UTZIG, Pedro do Prado. **A indústria automobilística no Brasil, uma análise de alguns indicadores de estrutura, conduta e desempenho a partir dos anos 1990**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Título de Bacharel em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VANALLE, R, M; SALLES, V, A, A: Relação entre montadoras e fornecedores, modelos teóricos e estudos de caso na indústria automobilística brasileira. **Revista Gestão de Produção**, São Carlos, v. 18, n. 2, p. 237-250, 2011.

VERÍSSIMO, M, P; ARAÚJO, V, M. Desempenho da indústria automobilística brasileira no Período 2000-2012: uma análise sobre hipóteses de desindustrialização setorial. **Revista Economia e Sociedade Campinas, Unicamp**, v. 24, n 1, p. 151-176, 2015.

VIANA, F. Industria de autopeças, **Caderno Setorial ETENE**, ano 1 nº1, Set. 2016.

WEISS, J, M, G: Estratégias de localização de montadoras e fornecedores de autopeças no Brasil, ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, **Anais eletrônicos**, Gramado, RS, 1997.

YAMASHINA, Hajime. Just-in-Time. São Paulo: **IM & C Intemational**, 1988.

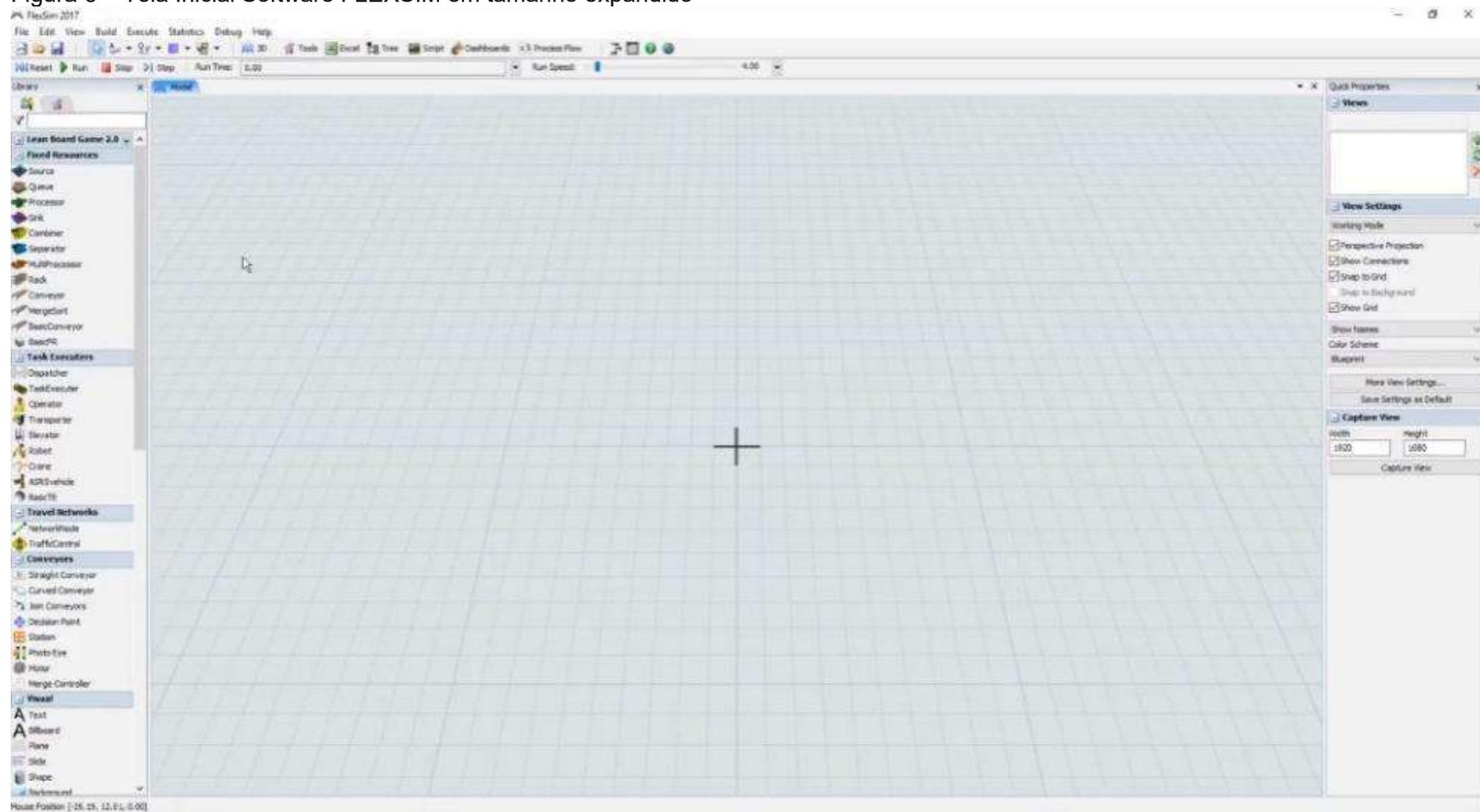
ANEXO A

Quadro 1 – Componentes básicos encontrados no FLEXSIM

Componente	Função
Layout do Conveyor	Permite escolher o formato da linha de Produção
Simulation Model	Simulação de linha de produção completa
Model Units	Modelagem de Operador
Robot Simulation	Simulação de Robô na linha de produção
Multiprocessor	Simulação de inúmeros processos em linha de produção
Operador	Simula a função de um operador humano na produção
Elevador	Simula a operação de um elevador industrial
Combinador	Simula a combinação de várias linhas de produção e permite a interligação entre elas
Guindaste	Permite a simulação de um guindaste industrial
Transportador	Simula o transporte de insumos dentro da linha de produção
Processador	Permite a simulação de um maquinário qualquer a partir de definições feita pelo usuário
Basic Conveyour	Simulação de uma esteira de transporte em vários níveis

ANEXO B

Figura 6 – Tela Inicial Software FLEXSIM em tamanho expandido



ANEXO C

Figura 8 – Demonstração da Esteira Software FLEXSIM em em tamanho expandido

