

**Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção**

**SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO UTILIZANDO O SOFTWARE
FLEXSIM**

Maicon Fogaça Lino

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA DE
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO UTILIZANDO O SOFTWARE
FLEXSIM

Maicon Fogaça Lino

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof.^(a).: Fernanda Cavicchioli Zola

**Maringá - Paraná
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha família e pela oportunidade de cursar Engenharia de Produção.

Aos meus pais, que sempre me deram todo o apoio e suporte em momentos de dificuldade e ansiedade, me mostrando com exemplos, o significado da palavra superação.

À minha namorada, que sempre me deu forças e incentivos para não recuar diante dos obstáculos encontrados durante o período da graduação.

Ao meu irmão, pelos momentos de descontração que resultaram em alívio psicológico em vários episódios.

Aos meus colegas de trabalho, Adriano e João, que me deram suporte sempre que foi necessário.

Ao meu amigo Felipe, pela parceria universitária e trocas de experiências acadêmicas.

Aos professores do departamento de Engenharia de Produção, por permitirem realizar este trabalho, sendo que em especial, à orientadora Prof.^a Fernanda, a qual foi muito paciente e atenciosa.

RESUMO

As empresas têm cada vez mais buscado melhorias nos seus processos produtivos, procurando um diferencial competitivo em um mercado mais seletivo. As ferramentas de simulação são muito importantes para se alcançar tal objetivo, sendo que o processo analisado é o de produção de esquadrias de alumínio, cujo objetivo principal do trabalho foi encontrar possíveis falhas no processo atual, e propor mudanças que resultassem em melhorias. No modelo atual da empresa, verificou-se que havia um gargalo nas linhas de montagem, através da simulação do modelo sugerido, foi possível visualizar e propor que a implantação de uma quarta linha de montagem que irá apresentar resultados satisfatórios, com aumento de aproximadamente 32% de produção e aumento de 3,8% na produtividade da empresa. No trabalho fez-se também um estudo de viabilidade econômica para o investimento em uma nova bancada de montagem, com o objetivo de rentabilidade mínima de 0,82% ao mês, e demonstrou o retorno do investimento em aproximadamente três meses.

Palavras-chave: simulação; flexsim; esquadrias de alumínio.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Justificativa.....	1
1.2	Definição e delimitação do problema.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo Geral.....	2
1.3.2	Objetivos Específicos.....	2
2	Revisão da Bibliografia.....	3
2.1	Esquadrias de alumínio.....	3
2.2	Processos produtivos.....	3
2.2.1	Produtividade.....	5
2.3	Mapeamento de Processos.....	6
2.4	Levantamento de Tempos.....	7
2.5	Tipos de Simulação.....	9
2.5.1	Software <i>FlexSIM</i> ®.....	10
2.6	Viabilidade de Investimentos.....	10
2.6.1	A regra <i>payback</i> descontado.....	11
2.7	Considerações finais do capítulo.....	12
3	METODOLOGIA.....	13
3.1	Caracterização da pesquisa.....	13
4	DESENVOLVIMENTO.....	15
4.1	Caracterização da empresa.....	15
4.2	Descrição do processo produtivo.....	16
4.3	Coleta de dados.....	18
4.4	Análise estatística dos dados.....	23
4.4.1	Distribuição dos tempos do processo de corte.....	23
4.4.2	Distribuição dos tempos de setup do corte.....	24
4.4.3	Distribuição dos tempos do processo de usinagem.....	26
4.4.4	Distribuição dos tempos de setup da usinagem.....	27
4.4.5	Distribuição dos tempos do processo de montagem.....	28
4.4.6	Equações utilizadas na simulação.....	30
4.5	Simulação no software <i>FlexSIM</i> ®.....	30
4.5.1	Configurações dos Objetos utilizados.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1	Cenário atual.....	32

5.2	Cenário hipotético.....	34
5.3	Viabilidade da implantação do modelo hipotético.....	36
6	CONCLUSão.....	39
6.1	Considerações finais	39
6.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	39
7	Referências	40

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O modelo de transformação.....	4
Figura 2: Janela de correr 2 folhas.....	15
Figura 3: Mapofluxograma.....	16
Figura 4: Lista de corte.....	17
Figura 5: Serra circular.....	17
Figura 6: Estampo pneumático.....	18
Figura 7: Distribuição para o tempo do processo de corte.....	24
Figura 8: Distribuição para o tempo de setup do corte.....	25
Figura 9: Distribuição para o tempo do processo de usinagem.....	26
Figura 10: Distribuição para o tempo de setup da usinagem.....	28
Figura 11: Distribuição para o tempo do processo de montagem.....	29
Figura 12: Modelo de simulação dos processos de fabricação de esquadrias.....	30
Figura 13: Cenário ao fim da execução de 44 horas.....	32
Figura 14: 144 janelas produzidas em 44 horas.....	33
Figura 15: Evidência de gargalo.....	34
Figura 16: Cenário hipotético para simulação.....	35
Figura 17: 199 janelas produzidas em 44 horas.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Símbolos Fluxograma.....	7
Quadro 2: Conversão do tempo sexagesimal para centesimal.....	8
Quadro 3: <i>Payback</i> e <i>payback</i> descontado.....	12
Quadro 4: Período da coleta de dados.....	19
Quadro 5: Dados corte.....	19
Quadro 6: Dados usinagem.....	20
Quadro 7: Dados montagem.....	21
Quadro 8: Resumo dos dados processo de corte.....	23
Quadro 9: Resumo dos dados setup do corte.....	24
Quadro 10: Resumo dos dados processo de usinagem.....	26
Quadro 11: Resumo dos dados setup da usinagem.....	27
Quadro 12: Resumo dos dados processo de montagem.....	28
Quadro 13: Resumo das equações utilizadas na simulação.....	30
Quadro 14: Resumo das simulações.....	36
Quadro 15: Investimento Inicial.....	37
Quadro 16: Resumo de valores.....	38
Quadro 17: <i>Payback</i> descontado.....	38

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Sistema Brasileiro de Apoio a Pequena Empresa (SEBRAE) (2014), as micro e pequenas indústrias representam 22,5% no produto interno bruto do país. Para que essas empresas sobrevivam e sejam rentáveis, são necessários investimentos e mudanças com foco na melhoria contínua, porém essas empresas sentem grande dificuldade em acompanhar a evolução no que diz respeito ao aumento de eficiência e competitividade (LIMA et al., 2000).

É importante que cada organização conheça com detalhes seu processo produtivo, pois assim torna-se mais fácil a identificação de possíveis gargalos existentes no decorrer das operações, sendo que muitas indústrias, por não enxergarem as suas falhas, deixam de ser eficientes. É notório que modificações no processo da empresa mostram-se fundamentais para o aumento de lucros, de produtividade e de competitividade (ALMEIDA, et al., 2009).

Para Castanharo e Campos (2015) a simulação da produção apresenta-se como importante ferramenta de competitividade para as indústrias, uma vez que é capaz de criar o modelo produtivo em um ambiente virtual, dando respostas como capacidades de produção e possíveis problemas, como a evidência de um gargalo, por exemplo. Além disso, pode diminuir imensamente os custos e incertezas no que tange a implementação de mudanças dentro dos processos.

A utilização da simulação possibilita que, através de uma avaliação sistêmica, o entendimento do impacto das variáveis que atuam no processo produtivo mostre-se de maneira mais clara, assim torna-se possível uma atuação com foco direto na redução de custos com aumento da produtividade (SOARES, et al., 2011).

1.1 Justificativa

Conhecer o sistema produtivo é de muita utilidade para micro e pequenas indústrias, sabe-se que implantar um processo de produção tem um custo muito elevado, sendo necessário avaliar a viabilidade da implementação ou mudanças do sistema. Fazer isso em um ambiente virtual com o auxílio da simulação, reduz imensamente o índice de incertezas e conseqüentemente os custos da operação.

A intenção deste trabalho é identificar as capacidades produtivas e possíveis problemas na planta de uma empresa que produz esquadrias de alumínio na cidade de Maringá-PR.

1.2 Definição e delimitação do problema

Este estudo irá analisar os problemas relacionados à produção de esquadrias de alumínio em uma empresa na cidade de Maringá-PR. Atualmente, a indústria em questão sente a necessidade de aumentar sua capacidade produtiva e ao mesmo tempo, reduzir os custos de produção, porém não possui nenhum tipo de estudo concreto sobre suas capacidades e possíveis gargalos no processo.

A empresa produz um grande mix de esquadrias de alumínio como, por exemplo, janelas de correr com venezianas, portas de correr e portas de giro, porém, no presente trabalho será estudado o processo de produção da Janela de Correr Duas Folhas da linha Inova Alcoa com dimensões (LxH) de 1000x1000mm

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é propor melhorias que possam aumentar a produtividade para reduzir os custos de produção e eliminar ou reduzir os gargalos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Mapear o processo de produção do produto escolhido;
- Definir e simular cenários que possam aumentar a produtividade da empresa;
- Analisar a viabilidade econômica de possíveis mudanças.

2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

A revisão da bibliografia está dividida em: esquadrias de alumínio, processos produtivos, mapeamento de processos, levantamento de tempos, simulação, viabilidade de investimentos e considerações finais do capítulo.

2.1 Esquadrias de alumínio

O alumínio é um metal seguro e eficiente, cuja reciclabilidade tende a ser sua maior característica, visto que o mesmo possui várias aplicações, as quais o evidenciam como um dos metais mais utilizados no mundo, conforme a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) (2016). Ainda, o mesmo possui alta vida útil, como pode ser observado com latas de alumínio, sendo reaproveitado de forma significativa e com economia de energia, além de contribuir para o meio ambiente, já que diminui resíduos neste e serve como matéria-prima para meios de reciclagem.

Segundo a Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio (AFEAL) (2016), atualmente no mercado brasileiro existem dois seguimentos distintos para a produção de esquadrias de alumínio, sendo o de customizadas e o de padronizadas. Pode-se dizer que referente às esquadrias especiais, à medida que há o planejamento de um edifício, seja ele residencial, comercial, industrial ou institucional, serão definidos pelo arquiteto os vãos e os tipos de esquadrias que serão usados, mediante contratação, por parte da construtora, de uma empresa fabricante de esquadrias especiais, incluindo etapas de projeto de caixilhos, ou seja esquadrias, produção e instalação. Sabe-se que, referente à importância nacional, cerca de 20% das esquadrias produzidas no Brasil são de alumínio. Acredita-se que, nas últimas três décadas, as esquadrias de alumínio vêm ganhando destaque, desde os especificadores até ao consumidor, em sua produção, quando comparadas a outros materiais como aço, PVC e madeira, uma vez que o alumínio é esteticamente mais bonito, além da ampla variedade de cores e tons em pintura eletrostática a pó ou anodização, contribuindo para a decoração de interiores.

2.2 Processos produtivos

Os processos de produção caracterizam-se pelo envolvimento de recursos a serem transformados e os transformadores, os quais darão origem ao produto final, ou seja, aos bens

e serviços desenvolvidos pela organização do processo, obtendo os resultados desejados. O modelo a seguir, apresentado na Figura 1, consagrou-se na literatura como meio para esquematização dos processos produtivos (PEINADO; GRAEML, 2007).

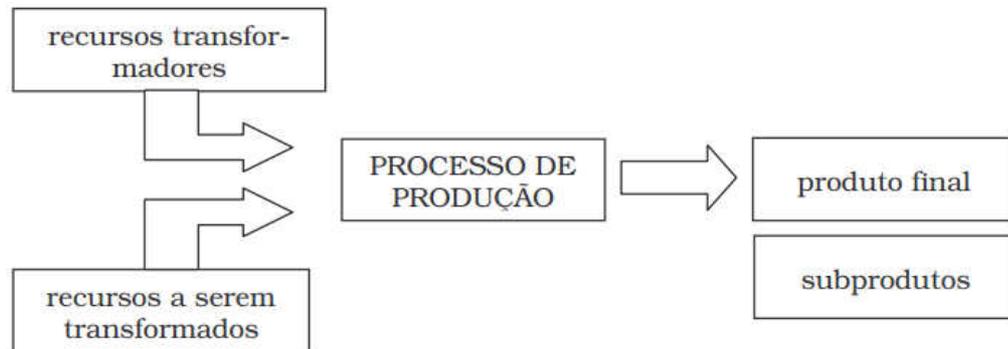


Figura 1: O modelo de transformação
Fonte: Peinado e Graeml (2007, p.52)

Recursos transformadores: Eles são como “catalisadores”, ou seja, participam do processo de produção, mas não sofrem transformações diretamente, eles viabilizam que a transformação aconteça (PEINADO; GRAEML, 2007).

Recursos a serem transformados: são aqueles que serão convertidos por meio de um processo de produção. Comumente são um composto de matérias-primas e componentes, informações, consumidores (PEINADO; GRAEML, 2007).

Ainda para Peinado e Graeml (2007) existem três tipos de transformação, o processamento de materiais, o processamento de informações e o processamento de consumidores. O processamento de materiais ocorre em organizações do tipo manufatura, empresas de mineração e extração, operações de varejo, armazéns, serviços postais, transportadores de cargas etc. Já para processamento de informações, temos como exemplos o trabalho de contadores, advogados, bancos, empresas de pesquisa de marketing, analistas financeiros, empresas de telecomunicações etc. O processamento de consumidores pode transformar suas propriedades físicas (p. ex., uma clínica de emagrecimento, um cabeleireiro), acomodá-los (p. ex., hotéis e pensões), mudar a sua localização (p. ex., serviços de transportes de passageiros) ou seu estado fisiológico (p. ex., hospitais ou restaurantes) e seu estado psicológico (p. ex., serviços de entretenimento, rádios, teatros, cinema, parques).

As saídas, conforme mostradas na Figura 1 é o produto final desejado e, alguns outros subprodutos, que podem ou não ser desejados.

Segundo Martins e Laugeni (2005) os *inputs* caracterizam-se por serem insumos, ou seja, a união dos recursos utilizáveis, tais como instalações, capital, mão-de-obra, tecnologia, energia elétrica, informações e outros. Além disso, os *inputs* podem ser transformados em *outputs* pelas funções de transformação, como decisões, processos, modelos de simulação, julgamento humano, dentre outros, sendo que os *outputs* são os produtos manufaturados, serviços prestados, informações fornecidas.

Dessa forma, é importante fazer a análise do processo implantado, visto que essa análise pode ser feita para uma operação já existente, a fim de melhorá-la ou para uma operação nova, ou seja, que será implantada com maior eficiência. Os processos com potencial de maior retorno na sua alteração são aqueles que com frequência param por alguma razão, processos com muitas operações ou intensivos em mão de obra, processos com excesso de retrabalho e processos que evidenciem gargalos. Não existe um processo que não possa ser rearranjado e melhorado (PEINADO; GRAEML, 2007).

2.2.1 Produtividade

A Comunidade Econômica Europeia (CEE), em 1950, apresentou a produtividade como sendo “o quociente obtido pela divisão do produzido por um dos fatores de produção”, assim refere-se à produtividade do capital, das matérias-primas, da mão de obra e outros. Ainda, pode haver diferentes definições de produtividade, dependendo de quem a defina, como um economista, contador ou engenheiro de produção. Para tanto, podem ser caracterizadas duas definições básicas sendo a produtividade parcial e produtividade total, sendo que a produtividade parcial refere-se à produtividade da mão de obra, ou seja, à relação entre o produzido, medido de alguma forma, e o consumido de um dos insumos (recursos) utilizados. Entretanto, a produtividade total é a relação entre o *output* total e a soma de todos os fatores de *input*, refletindo o impacto sobre os fatores de *input* na produção do *output* (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Para Moreira (2008) a produtividade em um período t define-se como:

$$Prod_t = \frac{Q_t}{I_t} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$Prod_t$ = produtividade absoluta no período t

Q_t = produção obtida no período t

I_t = insumo utilizado no período t , na obtenção da produção Q_t

2.3 Mapeamento de Processos

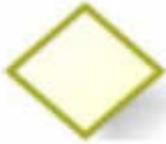
O mapeamento de processos consiste em uma técnica na qual é representada por meio de um diagrama ou mapa, de forma gráfica, com o objetivo de evidenciar a sequência das atividades envolvidas na entrega de um bem ou serviço, além da análise e controle das atividades envolvidas (BAL; CHEUNG, 1998).

Vilella (2000) declara que a documentação e exame dos relacionamentos *input-output* representados em um mapa de processos muito contribui para o aprendizado e melhoria dos processos, visto que esse mapa auxilia na identificação de oportunidades para processos. Assim, a importância do mapeamento se dá a fim de promover redução de custos e aumento da produtividade nos processos.

Para a realização de um mapeamento, segue-se a sequência, com o objetivo de definir os processos, a matéria prima, insumos e suas especificações e o produto do processo (bens ou serviços). Dessa forma, após a definição dos processos, é que será elaborado o fluxograma do processo, a fim de organizar as tarefas. Além disso, vale salientar a importância do fluxograma como meio para demonstração dos processos envolvidos em cada ação. (DAMASCENO, 2012).

Para Ramos (2014) a aplicação de um fluxograma pode se dar até mesmo de maneira informal para representar fluxos de atividades dentro de uma organização. Ainda, no desenvolvimento do mesmo, deve-se deixar claro o fluxo e os processos envolvidos em cada tarefa, colocando os pontos onde ela pode se dividir e estabelecer as condições para sua divisão. No Quadro 1. são representadas formas para elaboração de um fluxograma.

Quadro 1: Símbolos Fluxograma

Elemento	Descrição	Notação
Evento	Um “Evento” é representado por um círculo e é algo que acontece durante um processo de negócio. Há três tipos: início, intermediário e fim.	
Atividade	Uma “Atividade” é representada por um retângulo de canto arredondado. Um subprocesso é distinguido por uma pequena cruz no centro inferior da figura.	
Decisão	A “Decisão” é representada pelo losango e usada para controlar a divergência e a convergência de fluxo. Determina decisões tradicionais, como juntar ou dividir um trajeto. Os marcadores internos indicam o tipo de comportamento.	
Fluxo de Sequência	Um “Fluxo de sequência” é representado por uma seta em linha contínua e mostra a ordem que as atividades serão executadas no processo.	
Fluxo de Mensagem	Um “Fluxo de mensagem” é representado por uma linha tracejada e usada para mostrar o fluxo das mensagens entre dois participantes.	
Associação	Uma “Associação” é representada por uma linha pontilhada e usada para associar dados, texto, e outros artefatos como objetos do fluxo.	

Fonte: Adaptado de Ramos (2014).

2.4 Levantamento de Tempos

O estudo de tempos é a determinação do tempo para a realização de dada tarefa, mediante uso de cronômetro, por exemplo. Na primeira metade do século passado, a mensuração do trabalho feita de forma científica e aplicada em apenas organizações do tipo industriais teve seu destaque, sendo seus precursores Frederick W. Taylor e o casal Frank e Lillian Gilbreth. A medida dos tempos de trabalho teve sua importância para determinar a melhor e mais eficiente forma de desenvolver uma tarefa específica, tendo vigente essa metodologia na época. Atualmente, a cronometragem das tarefas é ainda muito utilizada na maioria das

empresas brasileiras, para contribuir no desempenho do trabalho (PEINADO; GRAEML, 2007).

Ainda, acredita-se que a cronometragem trouxe mudanças significativas na forma de medir o trabalho, pois desde a época em que F. W. Taylor estruturou a Administração Científica, houve-se a ideia de medir a eficiência individual, sendo que essa metodologia ainda é presente nos padrões para produção e custos industriais atualmente. Pode-se dizer que algumas importâncias do levantamento dos tempos de produção são referentes ao poder de obter dados para estudos de estruturas de produção, a fim de comparar roteiros de fabricação e analisar os planejamentos requeridos. Para se determinar o tempo de uma operação ou processo, é interessante que sejam realizadas de 10 a 20 cronometragens (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Conforme Peinado e Graeml (2007), para levantamento do tempo são necessários os seguintes equipamentos:

- **Cronômetro de hora centesimal:** deve ser utilizado um cronômetro normal para aferir o tempo de execução de dada tarefa. O malefício do uso dos cronômetros normais se deve ao seu sistema sexagesimal, visto que será necessária a transformação do tempo para o sistema centesimal, antes do uso dos cálculos, conforme mostrado do Quadro 2:

Quadro 2: Conversão do tempo sexagesimal para centesimal

Tempo medido com cronômetro comum	Tempo transformado para o sistema centesimal	Cálculo
1 minuto e 10 segundos	1,17 minutos	$1 + 10/60 = 1,17$
1 minuto e 20 segundos	1,33 minutos	$1 + 20/60 = 1,33$
1 minuto e 30 segundos	1,50 minutos	$1 + 30/60 = 1,50$
1 hora, 47 min e 15 seg	1,83 horas	$1 + 47/60 + 15/360 = 1,83$

Fonte: Adaptado de Peinado e Greml (2007).

- **Prancheta:** o uso da prancheta é interessante para auxiliar o cronômetro e análise da folha de observações, a fim de permitir com que o cronoanalista consiga fazer suas anotações em pé. Assim, esses instrumentos podem ser adquiridos em lojas especializadas ou em revistas técnicas do ramo, as quais circulam entre os

profissionais. É importante analisar que, exceto quando a medida é feita por filmes, a tomada de tempos é feita no local onde há o processamento da operação;

- **Folha de observação:** corresponde a um documento no qual se registra o tempo e outras observações relativas à operação cronometrada sendo comum que cada empresa desenvolva sua folha de observação especificam.

2.5 Tipos de Simulação

Simulação refere-se à expressão de um sistema real através de modelos, sendo que a possibilidade de criar e simular aspectos desejáveis permite com que seja possível definir a importância das mudanças, contribuindo para tomada de decisões (BATEMAN et al. 2013).

Para Kellner et al., (1998), a importância de se criar um modelo de simulação é com a finalidade de se obter menos custos com resultados vantajosos, quando os custos, os riscos ou a logística de manipulação do sistema real é proibitiva. Ainda, a implantação da simulação é relevante para a identificação e eliminação de problemas e ineficiências, podendo analisar a inviabilidade do projeto, antes mesmo de sua implantação. Além disso, conforme Vaccaro (1999) classifica, a simulação computacional baseia-se na criação de um modelo virtual da realidade em um ambiente computacional manipulável que pode ser passível de alterações sem a preocupação de trazer consequências graves, tornando assim essas mudanças seguras, com baixo custo e ainda, vantajosas.

A simulação fornece parâmetros que permitem uma análise a fim de melhorar a utilização dos recursos de produção, mediante uso de tabelas, da introdução de dados simples e o relatório automático da saída, além da representação gráfica. Isto proporciona ganhos à empresa com decisões corretas em investimentos e aumenta, substancialmente, os ganhos de produtividade, visto que planejadores e gerentes tentam evitar soluções que pareçam ser mais complicadas que o próprio problema a ser resolvido, e uma boa alternativa para isto se direciona para a simulação computacional (ZAMPIERI, 2009).

Dessa forma, a prática de simulação começou a evoluir, contribuindo para que novos pacotes e novos simuladores fossem desenvolvidos, a fim de facilitar a modelagem em ambientes mais específicos, além de obter opções de escolha de objetos já pré-definidos ao contrário de descrever os objetos com sentenças de programação (BATEMAN et al., 2013).

Os softwares desenvolvidos da simulação computacional envolvem três categorias, sendo que primeiramente, existem as linguagens de programação de uso geral, como C, C ++, Java. Posteriormente, são incluídas outras linguagens de programação para simulação, como GPSS/H™, SIMAN V® e SLAM II®. Por fim, pode se dizer que há ambientes de simulação, como por exemplo, o FlexSIM®, Arena®, PROModel®, SIMUL8®, em que a categoria inclui produtos distintos os quais diferem no custo, área de aplicação, ou o tipo de animação, além de manter características comuns, tais como uma interface gráfica do usuário e um ambiente que suporta a grande maioria dos componentes de um estudo de simulação. Os ambientes de simulação possuem linguagem de programação de simulação, porém podem se assemelhar a um fluxograma pelo seu design gráfico. (BANKS et al., 2005).

2.5.1 Software *FlexSIM*®

O *FlexSIM*® é um software de uso dinâmico e fácil, que pode fornecer aos administradores os meios para o desenvolver de suas observações, com amplo relatório estatístico. Ainda, pode ser caracterizado como uma ferramenta de simulação completa e inovadora, com propriedades como o *drag-and-drop* (arrastar e soltar) os objetos, listas suspensas com opções pré-programadas e muitos outros recursos intuitivos que tornam acessível para que todos os usuários possam realizar experimentos com um modelo. Além disso, é de importante compreensão e análise que os modelos de simulação sejam desenvolvidos em escala e apresentados em forma visual 3D, assim tornando-se fácil de ver e reconhecer as dificuldades e problemas na linha de produção ou outras deficiências dentro do sistema (FLEXSIM, 2016).

Dentro do FlexSIM® existe uma ferramenta denominada Expertfit® que auxilia na procura de modelos de distribuições probabilísticas mais evidentes e adequadas que se encaixam nos dados a serem utilizados na simulação, além de informar ao analista se a distribuição é boa o bastante para ser usada no modelo. Posteriormente à análise dos dados, o programa indicará quinze opções de distribuição e o grau de ajuste entre os dados e suas distribuições, sendo que a equação usada no software de simulação relacionada à escolha de distribuição (LAW, 2011).

2.6 Viabilidade de Investimentos

Segundo Lopes (2012) é de extrema relevância a análise de viabilidade de investimentos, visto que toma-se decisões de âmbito estratégico, os quais comprometem a empresa por dado

período. Assim, torna-se conveniente fundamentar as decisões com rigor, já que isso se relaciona ao futuro da empresa. Além disso, Gonçalves et al. (2009) afirma que deve ser analisado o retorno sobre o capital investido, uma vez que os acionistas são os que mais se interessam por esse tipo de análise.

Um investimento é interessante quando ele cria um valor aos proprietários, visto que é identificando um investimento que vale mais no mercado do que custa para ser adquirido, isso é importante pois, evidencia quando o todo vale mais do que o custo das partes (ROSS et al. 2013).

2.6.1 A regra *payback* descontado

O período de *payback* corresponde ao tempo necessário para recuperar o valor investido, ou seja, para que um investimento gere fluxos de caixa suficientes a fim de recuperar o seu custo inicial. No entanto, sabe-se que uma das falhas da regra do período de *payback* é que essa regra não se atenta ao valor do dinheiro no tempo, mas existe uma variação do período de *payback* que corrige esse problema, sendo conhecida como a regra do *payback* descontado (ROSS et al. 2013).

Para Gonçalves et al. (2009) o *payback* descontado refere-se ao uso do fluxo de caixa descontado a uma taxa para ilustrar não o momento em que o fluxo chega a zero, mas o momento a partir do qual há resultado positivo e geração de valor em comparação a taxa de desconto empregado, ou seja, o momento em que o fluxo de caixa descontado chega a zero. Dessa forma, afirma-se que o investimento dará retorno ao investidor a partir do momento da implantação do *payback* descontado.

Para saber como podemos calcular o período de *payback* descontado, suponha que precisemos de um retorno de 12,5% sobre os investimentos novos. Temos um investimento que custa \$300 e tem fluxos de caixa de \$100 por ano durante cinco anos. Para obter o *payback* descontado, temos de descontar cada fluxo de caixa a 12,5% e, em seguida, começar a somá-los. Fazemos isso no Quadro 3. Nesse quadro, temos os fluxos de caixa descontados e não descontados. Observando os fluxos de caixa acumulados, vemos que o *payback* é de exatamente três anos. Porém, o *payback* descontado está no quarto ano (ROSS et al. 2013).

Quadro 3: Payback e payback descontado

Ano	Fluxo de Caixa		Fluxo de Caixa Acumulado	
	Não Descontado	Descontado	Não Descontado	Descontado
1	\$100	\$89	\$100	\$89
2	100	79	200	168
3	100	70	300	238
4	100	62	400	300
5	100	55	500	355

Fonte: Adaptado de Ross et al. (2013).

2.7 Considerações finais do capítulo

A análise das publicações contidas nesse capítulo foram de extrema importância para o andamento do trabalho, já que proporcionaram base teórica para que pudessem ser traçados os caminhos para o desenvolvimento do mesmo

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, essa pesquisa classifica-se como um estudo de caso, já que esse tipo de pesquisa possibilita a coleta de dados diretamente no ambiente e momento em que elas acontecem, para que posteriormente esses dados sejam analisados.

Conforme Yin (2015) para iniciar o estudo, deve-se fazer uma coleta de dados, saber analisá-los e ainda, organizá-los e aplicá-los no objetivo referente. O estudo de caso tem caráter empírico e se dá mediante exploração de um fenômeno contemporâneo, ou seja, de um caso conforme sua profundidade e em seu mundo real, em especial quando seus limites não são claros. Ainda, afirma-se que na investigação do estudo de caso pode haver situações em que há mais variáveis de interesse do que propriamente dados, ou seja, têm caráter amplo envolvendo a lógica do projeto, técnicas de busca de dados e da análise dos mesmos.

Este trabalho possui abordagem de pesquisa quantitativa a qual se dá mediante uso de quantificações relacionadas às modalidades de coleta de informações e ao tratamento dessas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas. Ainda, pode-se afirmar que seu uso garante uma maior interpretação e análise dos dados e possíveis resultados. Para Fonseca (2002) a pesquisa quantitativa está relacionada à objetividade, voltada ao positivismo com base na análise de dados brutos, sendo que essa modalidade de pesquisa baseia-se em linguagem matemática a fim de descrever causas e relações entre as variáveis utilizadas.

As etapas para a realização desse trabalho foram definidas da seguinte maneira:

1. Inicialmente elaborou-se um mapofluxograma de processo, mediante observações e aferições *in loco* através do uso de trena, com notação evidenciada na simbologia registrada no Quadro 1, cujo objetivo de evidenciar a sequência das atividades do processo de produção.
2. Levantou-se os tempos de cada etapa do processo, como corte, usinagem e montagem, em que foram feitas 100 cronometragens de cada operação, resultando em um total de 5 dias, os materiais utilizados foram um cronômetro, uma prancheta e folhas de observação.

3. Para identificar uma distribuição de probabilidade para os dados coletados, utilizou-se a ferramenta *Expertfit*® presente no *software FlexSIM*®.
4. Com base nos levantamentos das sequências de atividades e levantamento dos tempos, o modelo computacional foi construído no programa *FlexSIM*®.
5. Antes da simulação, definiram-se alguns detalhes, como a quantidade de vezes necessárias para realizar a simulação que corresponde a 5 vezes, e cada ciclo de simulação foi programado para executar 44 horas, referente a uma semana da jornada de trabalho.
6. Simulou-se o modelo atual de produção da empresa e posteriormente, validou-se a simulação.
7. Criou-se um novo modelo, com a adição de uma nova bancada de montagem e três operadores, e efetuou-se a simulação do mesmo, para mensurar os possíveis ganhos em produtividade, em que rodou por 44 horas e 5 replicações.
8. Levantou-se os custos, mediante pesquisa de um fornecedor habitual da empresa, para a implementação de um novo layout, baseado no cenário proposto.
9. Com base na regra do *payback* descontado, relativo ao exemplo da Quadro 3, analisou-se a viabilidade de se investir nesse novo layout, com uma rentabilidade esperada que fosse no mínimo 0,82%.
10. Com os resultados obtidos pôde-se extrair algumas conclusões.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Caracterização da empresa

O estudo foi realizado em uma empresa fabricante de esquadrias de alumínio, fundada em agosto de 1994 na capital do estado de São Paulo. No ano de 2008 a empresa mudou suas instalações para a cidade de Maringá, no estado do Paraná.

Segundo classificação do SEBRAE, a empresa em questão, enquadra-se como pequena empresa, pois emprega atualmente trinta funcionários.

É uma empresa de manufatura, industrializando esquadrias. A produção é feita sob encomenda, e nada que ainda não tenha sido vendido é produzido. A produção é medida em quantidade de janelas/mês.

Aproximadamente 90% da produção esta focada nas esquadrias para edifícios residenciais, assim, mesmo as vendas sendo de produtos customizados, pode-se haver uma uniformidade na produção (formando lotes de produção), pois em um prédio há grandes quantidades de esquadrias com medidas e tipologias idênticas.

O estudo desse trabalho foi realizado para o processo de produção da Janela de Correr Duas Folhas da linha Inova Alcoa com dimensões (LxH) de 1000x1000mm, como mostra a Figura 2.



Figura 2: Janela de correr 2 folhas
Fonte: Afeal (2016)

4.2 Descrição do processo produtivo

Nesta seção, apresenta-se o mapofluxograma, Figura 3, que descreve o processo produtivo do produto em questão, Janela de Correr 2 Folhas Linha Inova Alcoa - (LxH) = 1000 x 1000mm, e logo após o fluxograma encontra-se a descrição detalhada de cada etapa do processo. Para a representação do arranjo físico de produção atual foram colhidas informações *in loco*, através de aferições por trena.

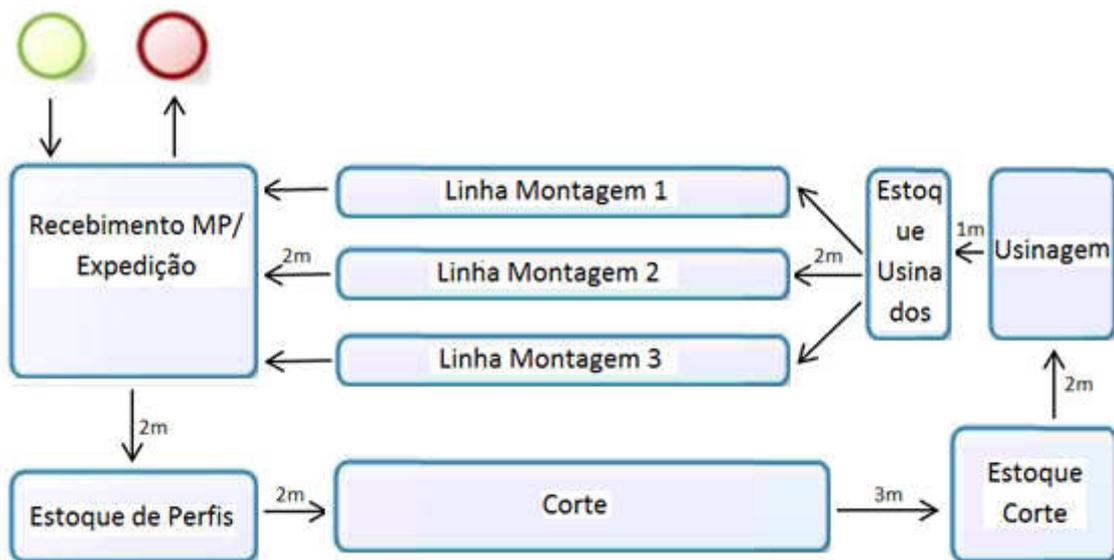


Figura 3: Mapofluxograma
Fonte: O autor

- a) **Recebimento e Estoque de Perfis** – Nessa primeira etapa, que é de responsabilidade do estoquista de perfis, ocorre o recebimento, conferência e estocagem da matéria-prima, que foi comprada com base nas vendas efetuadas, lembrando que a produção recebe o start apenas depois que o produto foi vendido;
- b) **Corte** – Com base na lista de corte, Figura 4, o operador serra os perfis com as dimensões especificadas, os cortes são feitos em uma serra circular, com disco de videa, específico para corte de alumínio, Figura 5, após cortados os perfis são encaminhados ao Estoque Corte. Número de operadores = 1;

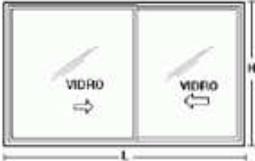
LOGO DA EMPRESA **J1** Pág. 1 de 1

Descrição: JANELA DE CORRER - 2 FOLHAS - ALCOA INOVA

Qtde.: 1 L = 1.000 H = 1.000

Tratamento:

Código da Obra: P-09-10-0154-0



PERFIS

CÓDIGO	L/H	CORTE	TAM	QTD.	PESO	OBS.
IN012	L	90/90	970	1	0,692	MARCO SUPERIOR
IN013	L	90/90	970	1	0,720	MARCO INFERIOR
IN003	H	90/90	1000	2	1,092	MARCO LATERAL
IN004	L	90/90	970	4	0,799	SUP/FOLHA
IN006	H	90/90	952	2	0,872	ALTURA DA FOLHA
IN008	H	90/90	952	1	0,403	MAO DE AMIGO INT.
IN007	H	90/90	952	1	0,419	MAO DE AMIGO EXT.

Figura 4: Lista de Corte
Fonte: O autor



Figura 5: Serra Circular
Fonte: Pema (2016)

- c) **Estoque Corte** – Estoque de peças já cortadas aguardando para serem usinadas;
- d) **Usinagem** – Os perfis recebidos do setor de corte são usinados, isso é feito através de estampo pneumático, Figura 6, para execução de furos, rasgos e encaixes específicos

para cada tipo de esquadria, depois de usinados, os perfis são encaminhados para o estoque de usinados. Número de operadores = 1;



Figura 6: Estampo Pneumático
Fonte: Matriztec (2016)

- e) **Estoque de Usinados** – Estoque de peças usinadas aguardando para serem montadas;
- f) **Linha de Montagem** – Os perfis já usinados são unidos para formar a esquadria, no caso, uma janela de correr duas folhas. Essa montagem é feita em três linhas distintas que funcionam como células, cada linha possui atualmente 3 operadores. Número de operadores = 9;

Expedição – As janelas montadas são entregues aos clientes via transportadora, o responsável pela recepção dos perfis também é responsável pela expedição dos mesmos.

4.3 Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu na empresa descrita acima. O levantamento dos tempos de cada etapa do processo de fabricação foi realizado através da utilização de um cronômetro, uma prancheta e um formulário para preenchimento dos dados. A coleta foi realizada nos dias e horários apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Período da coleta de dados

PROCESSO	DIA	HORÁRIO
CORTE	18/10/2016	7:40h - 12:00h
	18/10/2016	13:00h - 17:30h
USINAGEM	19/10/2016	7:40h - 9:05h
MONTAGEM	19/10/2016	9:30h - 12:00h
	19/10/2016	13:00h - 17:30h
	21/10/2016	7:40h - 12:00h
	21/10/2016	13:00h - 17:20h
	24/10/2016	7:40h - 12:00h
	24/10/2016	13:00h - 17:30h
	25/10/2016	7:40h - 12:00h

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por tratarem-se de tarefas que dependem muito do ritmo dos operadores, decidiu-se que seriam coletadas 100 amostras para cada processo, as Quadros 4, 5 e 6 mostram, respectivamente, os dados coletados para o processo de Corte, Usinagem e Montagem das esquadrias.

Quadro 5: Dados Corte

(continua)

CORTE					
Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)	Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)
1	278	23	51	290	22
2	281	21	52	291	24
3	284	26	53	287	23
4	281	19	54	286	25
5	281	22	55	287	26
6	279	24	56	285	25
7	283	21	57	298	27
8	288	17	58	302	28
9	275	24	59	305	28
10	289	23	60	325	26
11	290	25	61	297	29
12	294	21	62	290	28
13	288	26	63	292	32
14	289	28	64	299	34
15	285	24	65	298	31
16	289	34	66	276	33
17	290	32	67	278	32
18	295	32	68	282	34
19	302	29	69	283	31
20	287	28	70	298	34
21	290	27	71	290	33
22	292	28	72	291	36

(conclusão)

Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)	Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)
23	290	28	73	288	28
24	298	26	74	278	27
25	296	31	75	290	32
26	287	30	76	291	29
27	283	32	77	291	28
28	284	28	78	230	31
29	299	29	79	287	32
30	305	28	80	290	29
31	287	32	81	274	28
32	291	31	82	286	31
33	299	29	83	289	27
34	294	33	84	286	28
35	293	32	85	294	22
36	292	28	86	293	24
37	289	29	87	290	31
38	287	28	88	290	33
39	302	28	89	293	32
40	293	27	90	292	29
41	291	32	91	287	29
42	310	39	92	297	28
43	302	27	93	290	26
44	292	38	94	296	22
45	297	29	95	287	32
46	290	32	96	289	30
47	287	30	97	285	29
48	288	28	98	287	25
49	290	27	99	297	27
50	302	25	100	302	26

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 6: Dados Usinagem

(continua)

USINAGEM					
Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)	Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)
1	32	8	51	31	17
2	35	10	52	44	8
3	37	11	53	33	9
4	36	9	54	38	7
5	38	12	55	37	8
6	42	14	56	38	12
7	33	20	57	41	11
8	34	22	58	37	12
9	33	23	59	39	11

(conclusão)

Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)	Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)
10	35	25	60	39	12
11	38	17	61	41	12
12	37	13	62	42	11
13	40	12	63	41	13
14	42	12	64	41	15
15	43	14	65	37	14
16	39	11	66	38	16
17	38	15	67	38	12
18	38	12	68	39	14
19	35	10	69	41	12
20	34	11	70	37	12
21	38	12	71	34	12
22	42	12	72	40	11
23	47	11	73	37	11
24	41	10	74	48	12
25	39	10	75	51	10
26	37	11	76	35	11
27	33	11	77	37	18
28	32	11	78	32	11
29	35	10	79	34	11
30	36	13	80	38	12
31	35	14	81	37	12
32	37	12	82	41	12
33	38	12	83	39	12
34	39	11	84	38	10
35	39	14	85	37	12
36	37	12	86	36	13
37	38	11	87	35	14
38	39	11	88	43	12
39	43	12	89	39	12
40	44	11	90	39	11
41	41	12	91	38	10
42	39	12	92	37	10
43	38	10	93	38	10
44	37	9	94	36	16
45	36	13	95	38	9
46	43	12	96	35	9
47	33	12	97	44	8
48	32	12	98	43	12
49	34	11	99	43	11
50	41	16	100	42	11

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 7: Dados Montagem

(continua)

MONTAGEM					
Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)	Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)
1	3042	0	51	3054	0
2	3032	0	52	3043	0
3	3012	0	53	3023	0
4	3044	0	54	3089	0
5	3056	0	55	3063	0
6	3063	0	56	3058	0
7	3033	0	57	3059	0
8	3034	0	58	3067	0
9	3032	0	59	3065	0
10	3042	0	60	3054	0
11	3054	0	61	3043	0
12	3060	0	62	3066	0
13	3067	0	63	3069	0
14	3072	0	64	3067	0
15	3065	0	65	3068	0
16	3067	0	66	3034	0
17	3064	0	67	3063	0
18	3034	0	68	3064	0
19	3028	0	69	3067	0
20	3078	0	70	3076	0
21	3082	0	71	3045	0
22	3060	0	72	3058	0
23	3067	0	73	3043	0
24	3074	0	74	3042	0
25	3067	0	75	3079	0
26	3064	0	76	3048	0
27	3035	0	77	3068	0
28	3065	0	78	3074	0
29	3060	0	79	3107	0
30	3064	0	80	3076	0
31	3062	0	81	3079	0
32	3063	0	82	3065	0
33	3060	0	83	3027	0
34	3064	0	84	3056	0
35	3067	0	85	3067	0
36	3056	0	86	3060	0
37	3063	0	87	3087	0
38	3060	0	88	3060	0
39	3062	0	89	3056	0

(conclusão)

Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)	Amostra	Tempo Processo (s)	Tempo Setup (s)
40	3054	0	90	3087	0
41	3063	0	91	3078	0
42	3076	0	92	3065	0
43	3067	0	93	3047	0
44	3065	0	94	3028	0
45	3060	0	95	3079	0
46	3064	0	96	3185	0
47	3067	0	97	3027	0
48	3064	0	98	3022	0
49	3056	0	99	3078	0
50	3067	0	100	3036	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Análise estatística dos dados

Com o auxílio do software Expertfit®, encontrou-se os modelos de distribuições probabilísticas que mais se adequavam aos dados coletados.

4.4.1 Distribuição dos tempos do processo de corte

Ao entrar com os dados de tempo coletados para o processo de corte no Expertfit®, foi retornando uma análise resumida dos tempos de processo de corte, conforme mostra a Quadro 8.

Quadro 8: Resumo dos dados processo de corte

PROCESSO DE CORTE	
Quantidade de amostras	100
Tempo mínimo (s)	230
Tempo máximo (s)	325
Tempo médio (s)	290,07
Mediana	290
Variância	95,35869
Coefficiente de variância	0,3366

Fonte: Adaptado do software Expertfit®

O Expertfit® originou a distribuição probabilística que mais se ajusta aos dados de processo de corte relacionados ao Quadro 5, sendo que a distribuição gerada pelo software foi a do tipo Log-Laplace. Referente ao gráfico da Figura 7 pode-se observar a comparação entre a distribuição sugerida e a distribuição dos dados coletados para o tempo do processo de corte.

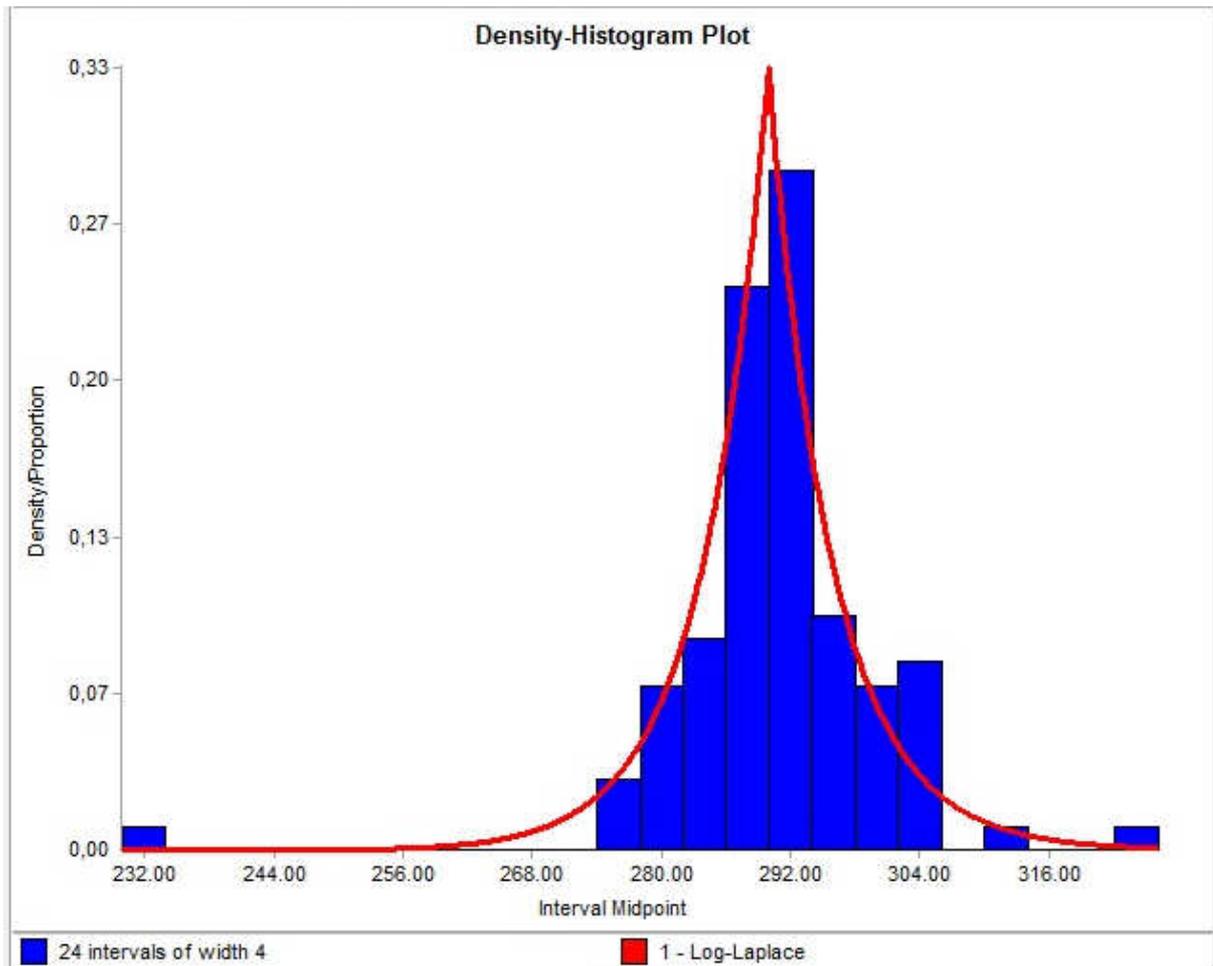


Figura 7: Distribuição para o Tempo do Processo de Corte
Fonte: Software Expertfit®

4.4.2 Distribuição dos tempos de setup do corte

Da mesma forma que os dados do tempo de processo de corte, os dados do tempo de setup do corte foram inseridos na ferramenta *ExpertFit®* que apresentou uma análise resumida das informações dos sistemas. No Quadro 9 pode-se verificar o resumo dos dados que foram processados.

Quadro 9: Resumo dos dados de setup do corte

PROCESSO DE CORTE	
Quantidade de amostras	100
Tempo mínimo (s)	17
Tempo máximo (s)	39
Tempo médio (s)	28,26
Mediana	28
Variância	15,60848
Coefficiente de variância	0,13980

Fonte: Adaptado do software Expertfit®

O Expertfit® também originou a distribuição probabilística que mais se ajusta aos dados de setup de corte do Quadro 5. A distribuição gerada foi a Beta, no gráfico da Figura 8 pode-se observar a comparação entre a distribuição sugerida e a distribuição dos dados coletados para o tempo de setup de corte.

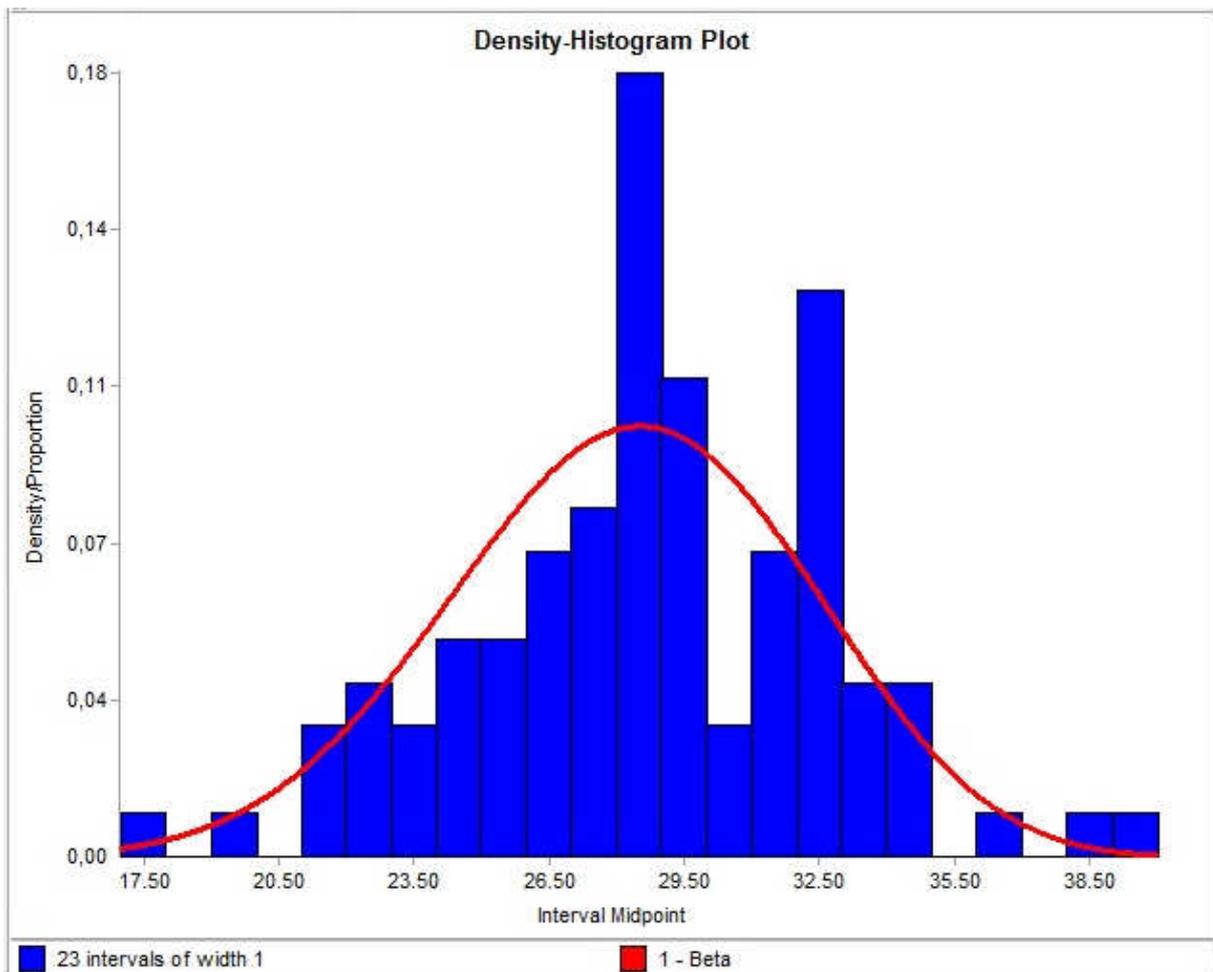


Figura 8: Distribuição para o Tempo de Setup do Corte
 Fonte: Software Expertfit®

4.4.3 Distribuição dos tempos do processo de usinagem

Aqui, também ao entrar com os tempos no Expertfit®, foi retornando uma análise resumida dos tempos de processo de usinagem, conforme mostra a Quadro 10.

Quadro 10: Resumo dos dados processo de usinagem

PROCESSO DE USINAGEM	
Quantidade de amostras	100
Tempo mínimo (s)	31
Tempo máximo (s)	51
Tempo médio (s)	38,18
Mediana	38
Variância	13,03798
Coefficiente de variância	0,09457

Fonte: Adaptado do software Expertfit®

A distribuição gerada pelo Expertfit® foi a Log-Logistic, no gráfico da Figura 9 pode-se observar a comparação entre a distribuição sugerida e a distribuição dos dados coletados para o tempo do processo de usinagem.

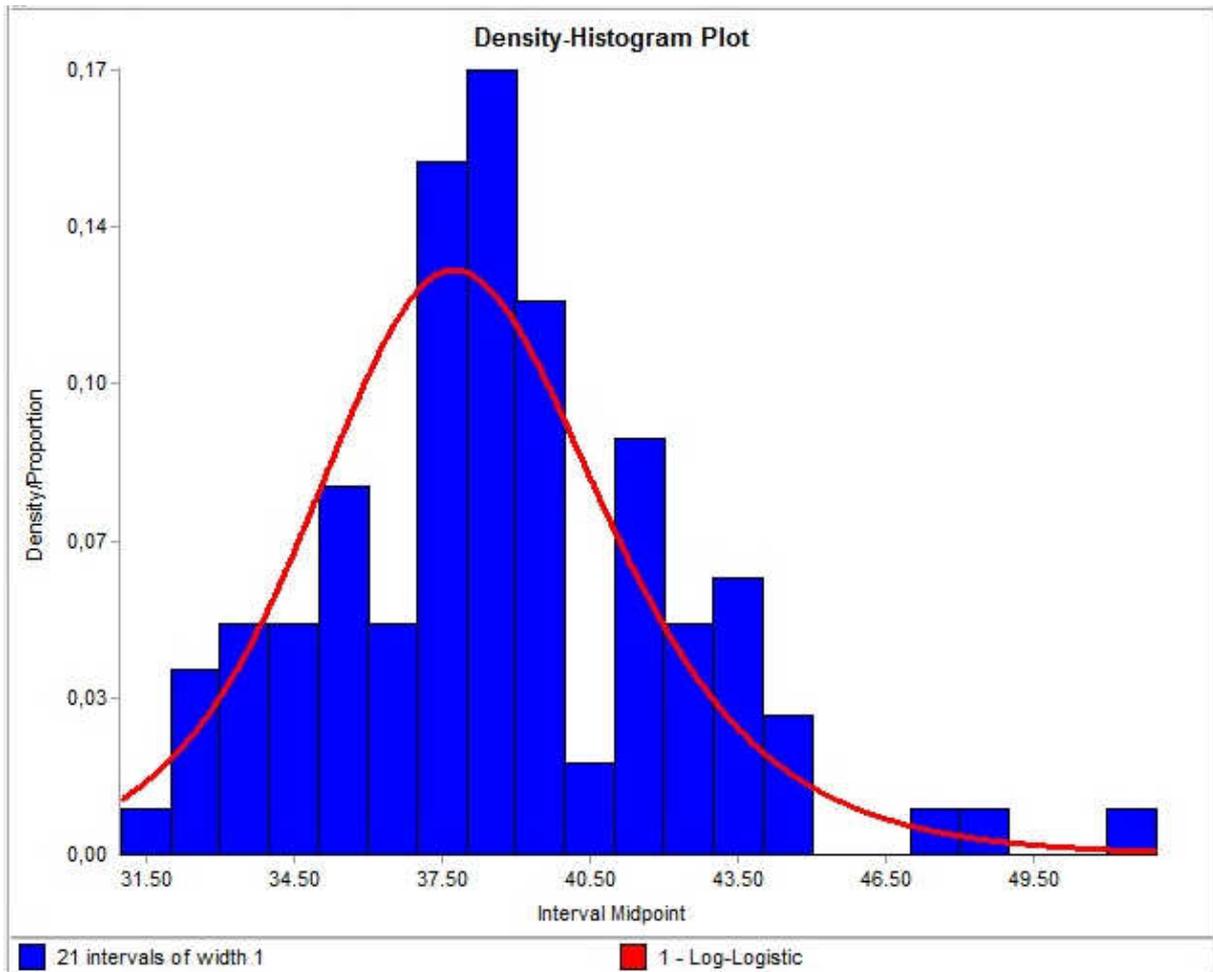


Figura 9: Distribuição para o Tempo do Processo de Usinagem
Fonte: Software Expertfit®

4.4.4 Distribuição dos tempos de setup da usinagem

Quando se fornece os dados de tempo coletados para o setup da usinagem ao Expertfit®, foi gerado uma análise resumida dos tempos de setup de corte, conforme mostra a Quadro 11.

Quadro 11: Resumo dos dados de setup da usinagem

SETUP DE USINAGEM	
Quantidade de amostras	100
Tempo mínimo (s)	7
Tempo máximo (s)	25
Tempo médio (s)	12,14
Mediana	12
Variância	8,46505
Coefficiente de variância	0,23966

Fonte: Adaptado do software Expertfit®

O Expertfit® gerou a Log-Logistic(E) como a distribuição probabilística que mais se ajusta aos dados de setup da usinagem, Quadro 7. Na Figura 10 pode-se ver a comparação entre a distribuição sugerida e a distribuição dos dados coletados para o tempo de setup da usinagem. Nota-se, no Quadro 7 que o coeficiente de variância apresenta alto valor, o que pode sugerir ociosidade do operador.

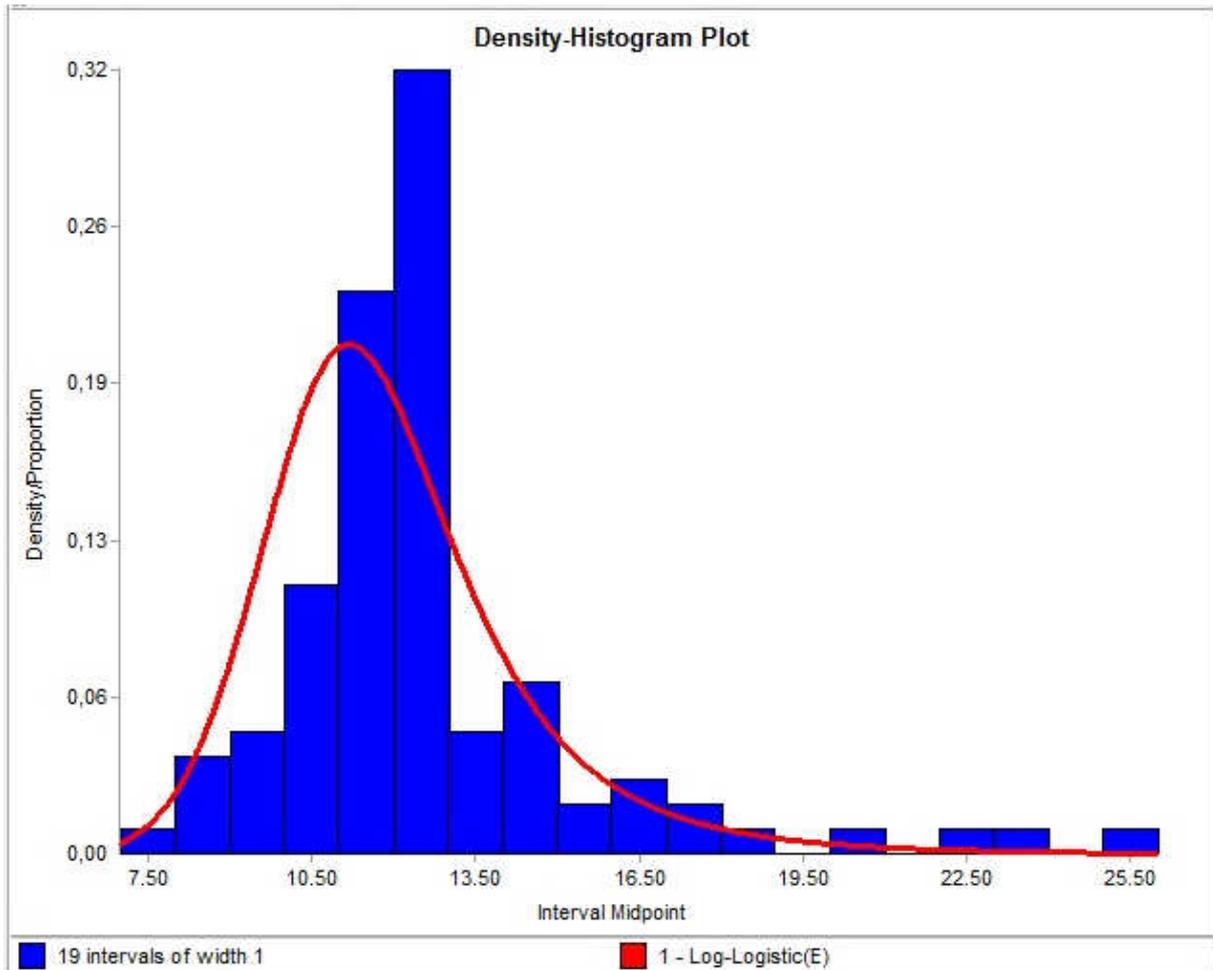


Figura 10: Distribuição para o Tempo de Setup da Usinagem
Fonte: Software Expertfit®

4.4.5 Distribuição dos tempos do processo de montagem

A etapa de montagem das esquadrias não possui tempo de setup e ao entrar com os dados de tempo coletados para o processo de montagem no Expertfit®, foi retornado uma análise resumida dos tempos de processo de montagem, conforme mostra a Quadro 12.

Quadro 12: Resumo dos dados do processo de montagem

PROCESSO DE MONTAGEM	
Quantidade de amostras	100
Tempo mínimo (s)	7
Tempo máximo (s)	25
Tempo médio (s)	12,14
Mediana	12
Variância	8,46505
Coefficiente de variância	0,23966

Fonte: Adaptado do software Expertfit®

O Expertfit® originou a distribuição probabilística que mais se ajusta aos dados do processo de montagem da Quadro 7. A distribuição gerada foi a Log-Logistic, no gráfico da Figura 11 pode-se observar a comparação entre a distribuição sugerida e a distribuição dos dados coletados para o tempo de processo de montagem.

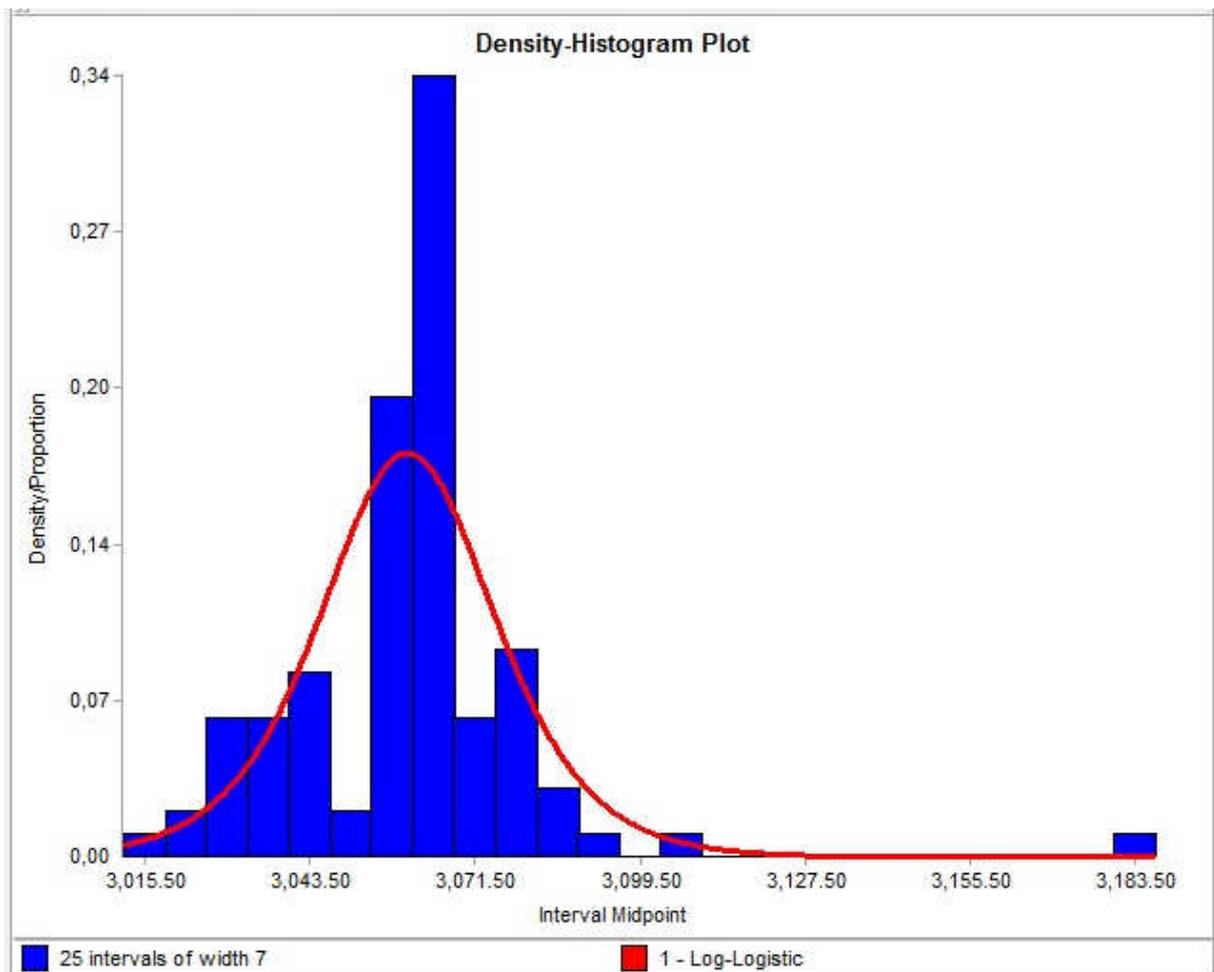


Figura 11: Distribuição para o Tempo de Processo da Montagem

Fonte: Software Expertfit®

4.4.6 Equações utilizadas na simulação

O programa Expertfit® além de mostrar qual distribuição é mais adequada aos dados analisados também fornece as equações para serem utilizadas durante a simulação do modelo, o que consequentemente possibilita gerar resultados mais próximos da realidade. O Quadro 13 relaciona as equações geradas pelo Expertfit® para cada etapa da produção de esquadrias da fábrica em estudo.

Quadro 13: Resumo das equações utilizadas na simulação

ETAPA		DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	EQUAÇÃO PARA SIMULAÇÃO
CORTE	processo	Log-Laplace	loglaplace(0.000000,290.000000,48.380542)
	setup	Beta	beta(0.223366,47.452002,19.900739,13.621053)
USINAGEM	processo	Log-Logistic	loglogistic(0.000000,37.960945,19.211019)
	setup	Log-Logistic	loglogistic(4.900268,6.743263,5.428197)
MONTAGEM	processo	Log-Logistic	loglogistic(0.000000,3060.118871,307.689608)

Fonte: Adaptado do software Expertfit®

4.5 Simulação no software *FlexSIM*®

Após levantamento de dados, e definição de algumas características sobre os mesmos, esta seção dedica-se simulação da produção de esquadrias de alumínio no software *FlexSIM*®.

Inicialmente montou-se o arranjo com base nas informações levantadas na seção 4.2 *Descrição do processo produtivo*, conforme mostra a Figura 12, o qual foi baseado no mapofluxograma da Figura 3.

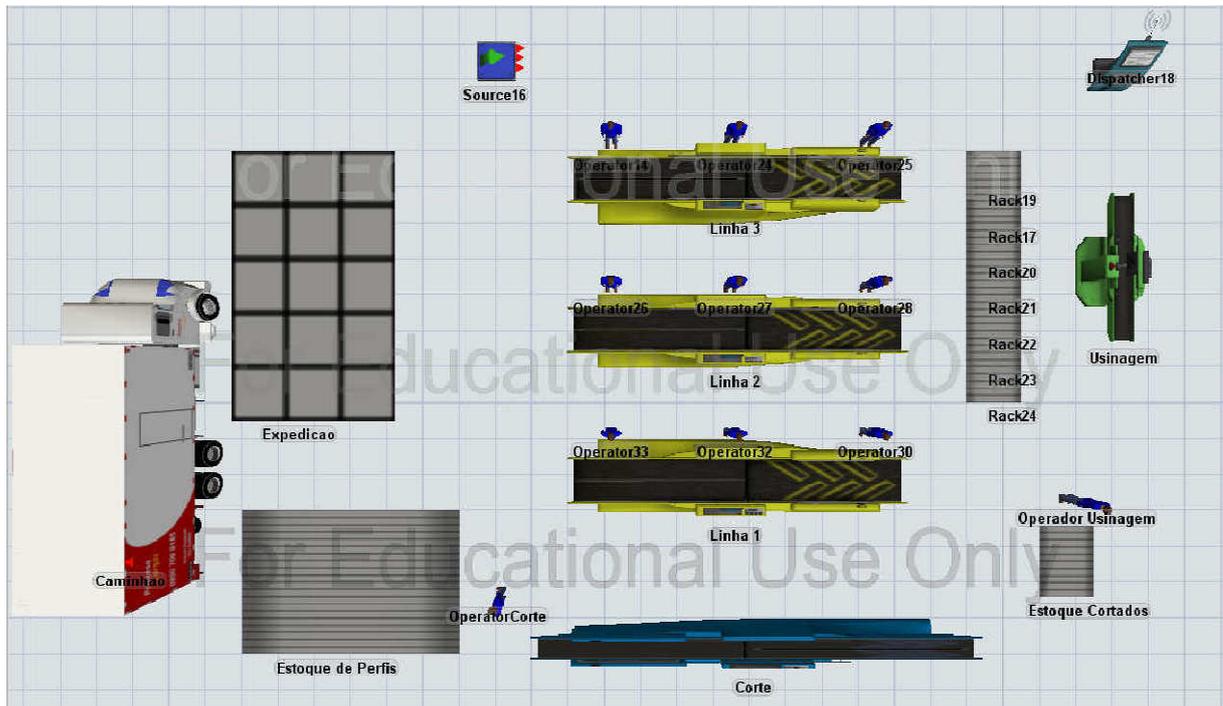


Figura 12: Modelo de simulação dos processos de fabricação de esquadrias
Fonte: Software FlexSIM®

4.5.1 Configurações dos Objetos utilizados

Source: esse objeto é responsável por criar a matéria prima, fazendo analogia ao fornecedor de perfis, e está representado pelo caminhão, na Figura 12. Foi necessário configurar o source para que enviasse as barras de alumínio com seis metros e em sete cores diferentes, onde cada cor representa um tipo de perfil, conforme pode ser visto na Figura 3.

Separator: com a função de separador, esse objeto faz analogia à Serra Circular, Figura 5, que é responsável por cortar as barras de seis metros em seis pedaços, conforme mencionado na lista de corte, Figura 3.

Processor: esse objeto representa a usinagem dos pedaços de perfis já cortados, portanto representa o estampo pneumático da fábrica como mostrado na Figura 6.

Combiners: tem a finalidade de combinar itens, portanto tem o objetivo de representar a montagem das esquadrias, nesse objeto foi necessário criar uma global table, para que o combiner pudesse montar as janelas com os sete tipos diferentes de perfis, e nas quantidades certas, conforme a Figura 3 nos mostra.

O *Separator* (corte), o *Processor* (usinagem) e os *Combiners* (linhas de montagem) tiveram os seus tempos de processo e de setups configurados conforme mostra Quadro 13.

O tempo de execução (*Run Time*) foi determinado para parar no tempo de 44h de simulação, ou seja, de 158400 segundos, que corresponde a uma semana de trabalho da empresa, em sua jornada normal, sem horas extras. A Figura 13 mostra o cenário ao fim da execução, onde, de imediato, é possível verificar a evidência de um estoque, aparentemente excessivo, entre o processo de usinagem e montagem, o que pode representar um alerta para estudo aprofundado da situação.

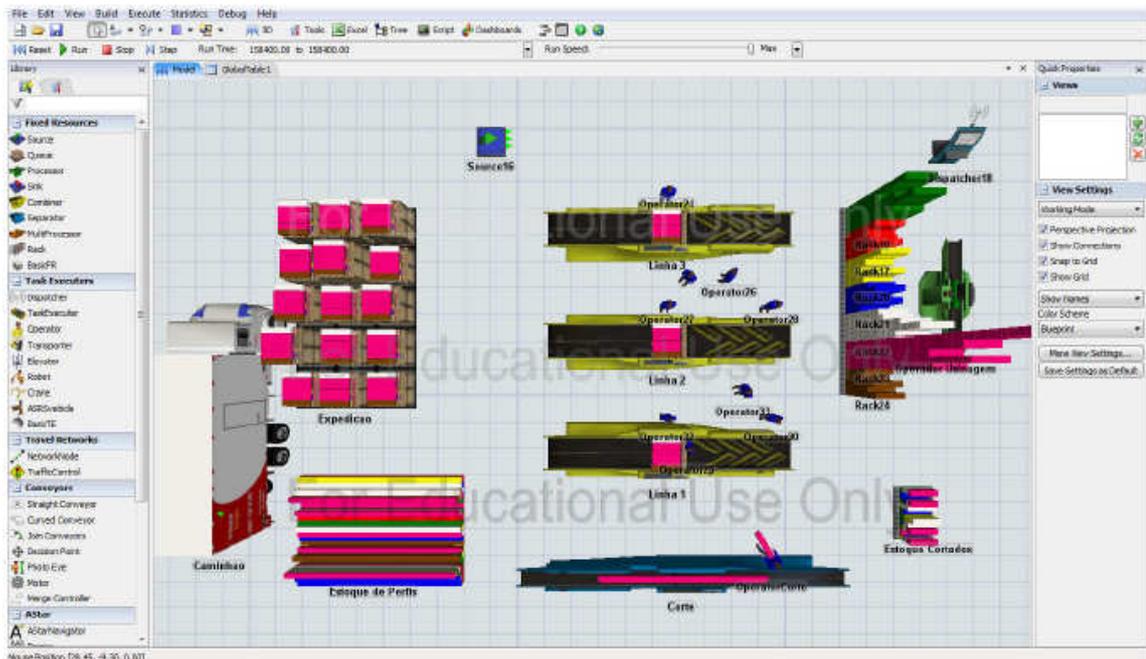


Figura 13: Cenário ao fim da execução de 44 horas
Fonte: Software FlexSIM®

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo se apresenta os resultados do cenário atual após a execução do modelo. Além disso, com o objetivo de melhorar a produtividade, realizou-se um experimento com um cenário hipotético e os resultados obtidos também são apresentados. Por fim é mostrado o resultado de um estudo de viabilidade econômica com relação à implantação do cenário hipotético proposto.

5.1 Cenário atual

Ao final da simulação, com o arranjo atual da empresa, foram produzidas 144 janelas, o que corresponde produção real da mesma, portando esse modelo pode ser considerado validado. Este cenário pode ser visualizado na Figura 14.

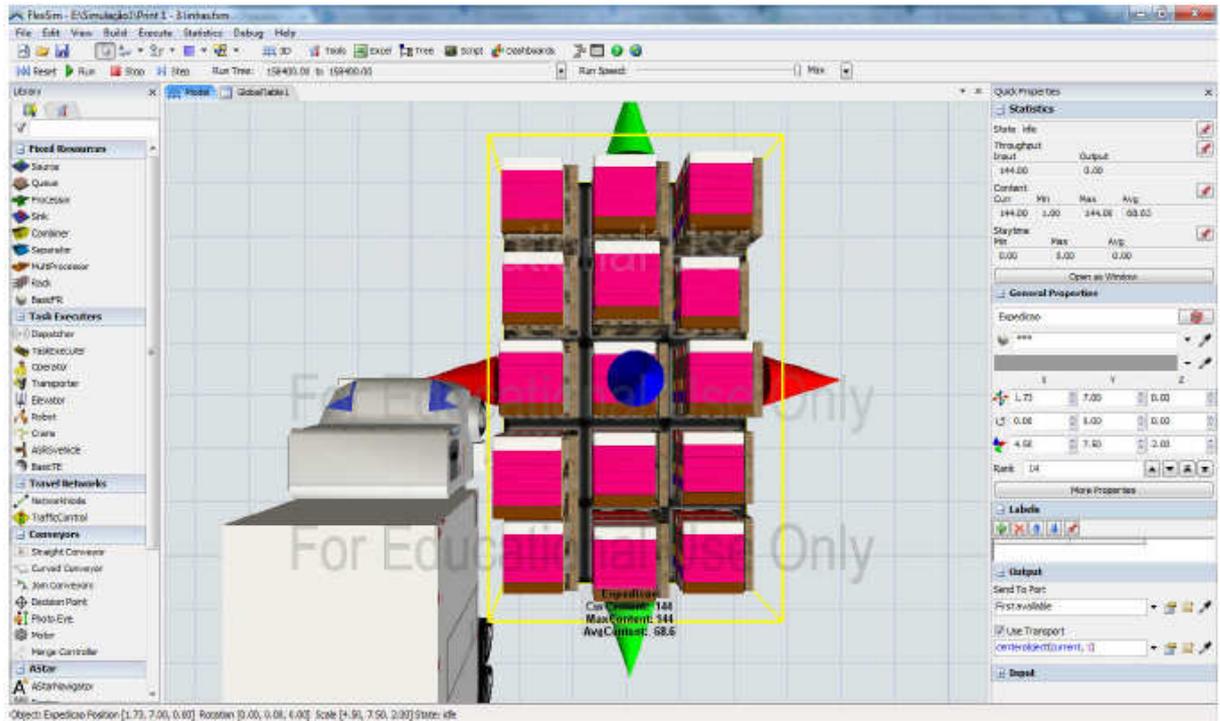


Figura 14: 144 janelas produzidas em 44 horas
Fonte: Software FlexSIM®

Ao final do tempo total da simulação, observou-se também grande acúmulo de perfis no estoque de usinados, demonstrando que o processo de montagem representava um gargalo, porém no ambiente real da empresa isso não é observado com eficácia, pelo fato de que o operador de usinagem fica ocioso, isso por que se sente com certa “folga”, já que não era pressionado pelo seu processo sucessor, assim, não produz conforme a sua capacidade laboral, essa suposição também pode ser reforçada através do resultado do coeficiente de variância exposto no Quadro 11, que se mostrou muito alto. A evidência de gargalo pode ser observada na Figura 15.



Figura 15: Evidência de gargalo
 Fonte: Software *FlexSIM*®

5.2 Cenário hipotético

No cenário hipotético decidiu-se acrescentar uma linha de montagem com três operadores, conforme Figura 16. Em seguida simulou-se novamente com o tempo total de 44 horas.



Figura 16: Cenário hipotético para simulação

Fonte: Software FlexSIM®

Ao final da simulação, com o cenário hipotético da empresa, foram produzidas 190 janelas, conforme pode ser visto na Figura 17, que evidencia o aumento da produção através da implantação de uma nova bancada de montagem, mostrando o que havia sido levantado anteriormente, que corresponde à ociosidade do operador de usinagem, já que com os mesmos parâmetros de tempo nesse processo foi possível aumentar 46 janelas por semana na empresa estudada.

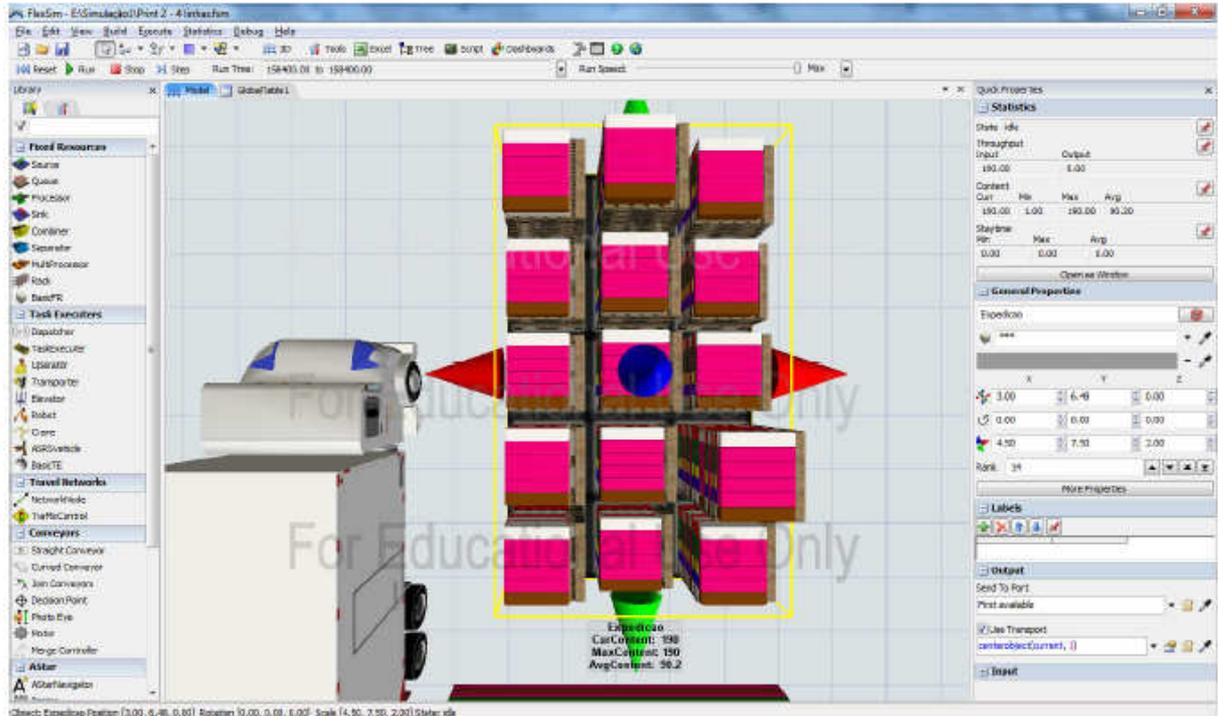


Figura 17: 190 janelas produzidas em 44 horas

Fonte: Software FlexSIM®

5.3 Viabilidade da implantação do modelo hipotético

No Quadro 14, temos o resumo dos resultados da simulação do modelo atual e do modelo hipotético:

Quadro 14: Resumo das simulações

	QTDE DE OPERADORES	QTDE PRODUZIDA (44hrs)	PRODUÇÃO/OPERADORES (44hrs)
CENÁRIO ATUAL	11	144	13,1
CENÁRIO HIPOTÉTICO	14	190	13,6

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com base na análise dos resultados obtidos através da simulação do cenário atual e do cenário hipotético pode-se observar um aumento de produção de aproximadamente 32%, e um aumento de produtividade de aproximadamente 3,8%, sendo esse processo resultante da redução da ociosidade do operador de usinagem e diminuição do estoque entre os processos de usinagem e montagem.

Os resultados mostram que aparentemente é viável a implantação de uma quarta linha de montagem na fábrica, pois ajudaria a reduzir significativamente os gargalos existentes no modelo atual. Porém no âmbito estratégico da empresa é conveniente que se fundamente melhor tal tomada de decisão, pois a implantação de outra linha necessitaria de investimentos financeiros.

Com o intuito de analisar a viabilidade do investimento, utilizou-se a regra do *payback* descontado, para verificar em quanto tempo o investimento se pagaria.

O investimento inicial consiste em compra de equipamentos, conforme descritos na Quadro15.

Quadro 15: Investimento Inicial

INVESTIMENTO INICIAL			
ITEM	QTDE	V. UNIT.	V. TOTAL
Bancada de montagem (1,5x10,0m)	1	1.900,00	1.900,00
Parafusadeira pneumática	2	578,00	1.156,00
Estilete	2	20,00	40,00
		TOTAL	3.096,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a instalação da quarta linha de montagem, a fábrica produzirá 46 janelas a mais do que produz com o cenário atual, cada janela de correr duas folhas Linha Inova Alcoa é vendida atualmente a R\$ 318,00, o que resulta em um aumento de receita mensal de R\$ 14.628,00.

O custo de matéria prima para a produção de 46 janelas é de R\$ 6.946,00 e o custo mensal de três novos operadores de montagem é de R\$ 6.597,00, já com todos os encargos inclusos, resultando em uma despesa mensal total de R\$ 13. 543,00, com lucro mensal de R\$ 1.085,00.

A taxa de juros que almejada como retorno é 0,82% a.m., esse valor foi retirado da média de rendimento da poupança nos últimos 12 meses. Tais informações podem ser observadas no Quadro 16.

Quadro 16: Resumo de valores

RESUMO DE VALORES	
Investimento Inicial	3.096,00
Receita mensal	14.628,00
Despesa mensal	13.543,00
Lucro mensal	1.085,00
Taxa de juros (i)	0,82%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 17: *Payback* descontado

PAYBACK DESCONTADO				
	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3
Investimento	-3.096,00			
Lucro Não Descontado		1.085,00	1.085,00	1.085,00
Lucro Descontado		1.076,18	1.067,42	1.058,74
Saldo do Investimento	-3.096,00	-2.019,82	-952,40	106,34

Fonte: Elaborada pelo autor.

Através da análise do investimento pela regra do *Payback* descontado, Quadro 17, pôde-se observar que o investimento inicial para a aquisição de uma nova linha de montagem começaria a dar retorno a partir do terceiro mês. No início do trabalho, argumentava-se que o aumento da produção era viável para a empresa, no entanto, atualmente, mesmo com período de crise, tais esquadrias ainda têm perspectivas de mercado, pois elas representam a fase final da construção. Isso se deve pelo fato de que as obras de construção civil possuem um *lead time* consideravelmente longo e existem muitas obras as quais tiveram seus lançamentos antes do início da crise, no entanto este cenário precisa ser reavaliado periodicamente.

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho, e sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Considerações finais

De maneira geral, pode-se dizer que os objetivos do estudo foram atingidos, visto que foi possível mapear o processo de produção do produto, simular o cenário atual e propor, através da simulação, um cenário hipotético que aumentasse a produtividade da empresa, e por fim analisar a viabilidade econômica da implantação do cenário proposto. Foi possível também observar a importância do uso de simuladores de produção, como o *software FlexSIM®*, no suporte a tomadas de decisão, mesmo quando aplicados a pequenas empresas.

Através da aplicação da regra do *Payback* descontado foi possível concluir que a contratação de novos operadores e a implantação de uma quarta bancada de montagem seria viável. Visualizou-se o ponto gargalo do cenário atual da empresa fabricante de esquadrias de alumínio e mensurou-se o quanto as alterações significariam de aumento de produção e de produtividade, mostrando ser viável à implantação da nova bancada de montagem. Todos estes dados foram obtidos através dos métodos de simulação, que possuem um custo muito baixo, se comparado ao método de tentativa e erro, que comumente é aplicado nas empresas, principalmente empresas de pequeno porte, como é o caso.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para instalação da quarta bancada de montagem, torna-se necessário um estudo de otimização do arranjo físico do *layout* da fábrica, a fim de proporcionar melhorias no fluxo de materiais e evitar esforços desnecessários os quais não agregam valor ao produto final.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Raquel Cavalcanti; ALMEIDA, Milene Felix; MEDEIROS, Kleber Fernandes. **Análise do processo produtivo e a identificação de gargalos na produção do caulim**, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_621_13252.pdf>. Acesso em 17 mai. 2016.

Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/aluminio/vantagens-do-aluminio/>>. Acesso em: 26 mai. 2016

Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio. Disponível em: <<http://afeal.com.br/rev/institucional/esquadrias-de-aluminio/>>. Acesso em: 05 mai. 2016

BAL, J.; CHEUNG, Y. **Process analysis techniques and tools for business improvements**. Business Process Management Journal, v. 4, n. 4, p. 274-290, 1998.

BANKS, J. *et al.* **Discrete-event system simulation**. 4. ed. New Jersey: Prendice-Hall, 2005.

BATEMAN, R. E., BOWDEN, R. O., GOGG, T. J., HARRELL, G. R., MOTT, J. R. A., MONTEVECHI, J. A. B. **Simulação de Sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2013.

CASTANHARO, Marcelo; CAMPOS Renato. **Desenvolvimento de um cenário de um software de simulação em visando ensino em gestão da produção**, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_215_270_28174.pdf>. Acesso em 17 mai. 2016.

DAMASCENO, D. D. **Mapeamento de processos, base para obtenção dos resultados: aplicação prática em indústria do ramo siderúrgico**. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6., Rio de Janeiro. Anais... Niterói: LATEC – UFF, 2012.

FLEXSIM. Disponível em: <<https://www.flexsim.com/pt/manufacturing-simulation/>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

GERHARDT, T.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

GONÇALVES, A.; NEVES, C. das; CALÔBA, G.; NAKAGAWA, M.; MOTTA, R. R.; COSTA, R. P. da. **Engenharia Econômica e Finanças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

KELLNER, M. I., MADACHY, R. J., RAFFO, D. M. **Software process simulation modeling: Why? What? How?**, 1998.

LAW, A. M. **How expertfit distribution-fitting software can make your simulation models more valid**. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference. Tucson (USA): Averill M. Law & Associates. 2011. p. 169-174.

LIMA, Maria Aparecida Barbosa; RUFFONI, Janaína Passuello; ZAWISLAK, Paulo Antônio. **Condições para a melhoria da competitividade do setor metal-mecânico gaúcho**

fornecedor para a cadeia automotiva do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: NITEC/PPGA/UFRGS, 2000. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/reareveleadministracao/art01MariaAparecida.pdf>>. Acesso em 17 mai. 2016.

LOPES, M. D. S. **Elaboração e Análise de Projetos de Investimentos**. 2. ed. Porto: FUEP, 2012.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

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

RAMOS, V. E. **Analisando o BPMN como notação de apoio ao desenvolvimento de software**. Centro de Educação do Alto Vale do Itajaí – CEAVI, Itajaí, 2014.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D.; LAMB, R. **Fundamentos de Administração Financeira**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

SEBRAE. **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**, 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>>. Acesso em 17 mai. 2016

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

VACCARO, Guilherme Luís. R. **Modelagem e Análise de Dados em Simulação**. Exame de Qualificação (Doutorado). PPGC/UFRGS, Porto Alegre, 1999.

VILLELA, Cristiane S. S. **Mapeamento de Processos como Ferramenta de Reestruturação e Aprendizado Organizacional**. Dissertação de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZAMPIERI, J. R. J. **O uso da simulação como ferramenta de apoio a análise de alternativas de layout visando o aumento de capacidade de produção do sistema de manufatura**. Dissertação de Mestrado em Produção, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2009.

PEMA máquinas. **Catálogo de produtos**, 2016. Disponível em:
<<http://www.pema.com.br/cata.htm>>. Acesso em 06 set. 2016.

MATRIZTEC estampos. **Catálogo de produtos**, 2016. Disponível em:
<http://www.matriztec.com.br/view_produto.php?p=1&serie=2>. Acesso em 06 set. 2016.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196