

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ALEXANDRE DE OLIVEIRA TREBESQUIM

**APLICAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL NA
SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PINTURA DO
PRODUTO DE MAIOR GIRO DE UMA EMPRESA
MOVELEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Medianeira

2013

ALEXANDRE DE OLIVEIRA TREBESQUIM

**APLICAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL NA
SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PINTURA DO
PRODUTO DE MAIOR GIRO DE UMA EMPRESA
MOVELEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Medianeira

2013

S121d Trebesquim, Alexandre de Oliveira.
Aplicação de um Modelo Computacional na simulação do
Processo de Pintura do Produto de Maior Giro de uma Empresa
Moveleira./ Alexandre de Oliveira Trebesquim. – Medianeira, PR.
UTFPR, 2013.
XI, 00f. : il. ; 30 cm
Orientador: Dr. José A. A. dos Santos
Monografia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Bibliografia: f.

1. Arena®. 2. modelo de simulação. 3. Pintura de móveis. I.
Orientador. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CDU 576.72: 578

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

**APLICAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL NA SIMULAÇÃO DO
PROCESSO DE PINTURA DO PRODUTO DE MAIOR GIRO DE UMA EMPRESA
MOVELEIRA**

Por

ALEXANDRE DE OLIVEIRA TREBESQUIM

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 18:00 horas do dia 29 de Agosto de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Prof. Dr. José A. A. dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientador)

Prof. Dr. Vania Lionço
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Banca)

Prof. Dr. Almiro Weiss
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Banca)

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada disso se tornaria possível.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos, pelo apoio e incentivo prestado durante a realização deste trabalho.

A minha família, meus pais Alfredo e Henriqueta e meu irmão Lucas, pela confiança e motivação durante essa longa etapa de minha vida.

Aos meus amigos e colegas de Curso, pelo companheirismo durante toda essa longa jornada.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção, pelos conhecimentos passados durante todos esses anos.

Aos membros da banca examinadora.

E por fim, a indústria moveleira, que colaborou e forneceu seus dados para realização deste trabalho.

TREBESQUIM, Alexandre de Oliveira. Aplicação de um Modelo Computacional na Simulação do Processo de Pintura do Produto de maior Giro em uma Empresa Moveleira. 2013. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2013.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo implementar um modelo computacional para simular a dinâmica operacional do processo de pintura, do produto de maior giro, de uma indústria moveleira. O modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação Arena®. Como parâmetro de comparação entre os dados obtidos a partir do sistema e gerados pelo modelo foi selecionada a variável TEFSL (Tempo de Espera na Fila da Seção de Lixa). Na validação do modelo, por meio de Análise de Variância, não foram detectadas diferenças estatísticas entre os valores obtidos do sistema real e os gerados pelo modelo. Os resultados de simulação demonstraram que a utilização de mais dois funcionários no setor de pintura é mais vantajosa, em relação ao atual número de funcionários, tanto do ponto de vista do tempo de pintura quanto do tempo de permanência das peças no sistema.

Palavras-chave: Arena®, modelo de simulação, indústria moveleira.

ABSTRACT

This study aimed to implement a computational model to simulate the painting process operational dynamics of the highest turnover product of a furniture industry. The stochastic, discrete and dynamics model was implemented in the Arena® simulation software. As a comparison parameter among the data obtained from the system and generated by the model, the TEFSL variable (Waiting Time in the Sanding Section Queue) was chosen. In the model validation, by the Variance Analysis, statistical differences among the values obtained from the real system and the ones generated by the model were not detected. The simulation results showed that, at the painting sector, the use of two more employees is more advantageous in relation to the employee current number, as well by the painting time point of view as by the piece permanence time in the system.

KEYWORDS: Arena ®, simulation model, furniture industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1–Sistema de um Lava Car	17
Figura 2 - Modelo Arena de um Lava Car	20
Figura 3 - Formas de classificação da pesquisa	26
Figura 4 - Construção da Curva ABC de Demanda de Produtos	29
Figura 5 - Fluxograma do Processo de Pintura da Empresa Moveleira em Estudo ..	30
Figura 6 - Modelo Computacional da Simulação do Processo de Pintura do Produto de Maior Giro da Empresa Moveleira	32
Figura 7 - Identificação de outliers	33
Figura 8 - Curva ABC da Demanda dos Produtos Coletadas em Arquivos Históricos da Empresa	37
Figura 9 - Resultados de simulação para os cenários simulados.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demanda dos produtos coletadas em arquivos históricos da empresa moveleira para construção da curva ABC	36
Tabela 2 - Distribuição de probabilidades do comportamento estocástico do sistema em estudo através da ferramenta Input Analyzer	38
Tabela 3 - Análise de variância dos resultados emitidos pelo software de simulação Arena®	38
Tabela 4 - Resultados de simulação dos cenários (1,2 e 3) propostos pelo trabalho em minutos	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	15
2.1.1 Definição.....	15
2.1.2 Histórico da Simulação Computacional	16
2.1.3 Quando Utilizar a Simulação	17
2.1.4 Vantagens e Desvantagens no uso da Simulação	18
2.1.5 Software de Simulação Arena®.....	19
2.2 A INDÚSTRIA MOVELEIRA	20
2.3 CURVA ABC.....	21
2.4 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 A INDÚSTRIA MOVELEIRA EM ESTUDO	27
3.2 DIAGRAMA DE PARETO	28
3.3 O SETOR DE PINTURA	29
3.4 O SOFTWARE ARENA®.....	31
3.4.1 Tratamento dos Dados	33
3.5 NÚMERO DE REPLICAÇÕES.....	33
3.6 VALIDAÇÃO DO MODELO.....	34
3.7 TAMANHO DA AMOSTRA	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 A CURVA ABC.....	36
4.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES	37
4.3 VALIDAÇÃO DO MODELO IMPLEMENTADO	38
4.4 SIMULAÇÃO.....	38
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria moveleira é fragmentada, intensiva em mão-de-obra, com pouca participação no valor agregado e verticalizada. Está localizada com mais intensidade nas regiões Sul e Sudeste do país e teve um avanço expressivo durante a década de 1990, após um grande investimento na aquisição de máquinas e equipamentos importados, que proporcionaram um aumento expressivo na produção e uma padronização do produto em nível internacional (COELHO, 2004).

Atualmente, as medidas de incentivo ao consumo e a produção recentemente adotadas pelo governo, juntamente com a recuperação sustentada do segmento imobiliário nos Estados Unidos motivaram a elevação das projeções para a produção de móveis e de produtos de madeira (ABIMOVEL, 2012).

A qualidade do atendimento tem sido hoje, motivo de preocupação na área de manufatura, uma vez que os clientes estão cada vez mais exigentes, querendo um melhor atendimento, bons preços, resultando numa concorrência cada dia mais acirrada. Na área moveleira, trabalha-se cada vez mais com entregas mais frequentes e tempos de produção mais reduzidos. Assim, é preciso que o processo de pintura de móveis seja organizado de modo que as perdas sejam mínimas, tanto de tempo como de produto. Para obter este resultado, diversas técnicas, ferramentas e instrumentos são disponibilizados aos dirigentes desses processos, muitos deles envolvem a tecnologia de gestão da informação. No entanto, qualquer processo de mudança precisa ser precedido de uma avaliação técnica que aponte as vantagens ou problemas que poderão decorrer. Muitas dessas avaliações técnicas são realizadas mediante o uso de softwares de simulação (PRADO, 2010).

Segundo Banks (1998), simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador digital. A simulação de um modelo permite entender a dinâmica de um sistema assim como analisar e prever o efeito de mudanças que se introduzam no mesmo. É uma representação próxima da realidade, e será tanto mais reais quanto mais características significativas do sistema sejam capazes de representar. Por outro lado, o modelo deve ser simples, de forma que não se torne demasiado complexo para se construir, mas ao mesmo tempo o modelo deve ser o mais fiel possível ao sistema real (CHWIF; MEDINA, 2007).

Inicialmente, os sistemas de simulação foram desenvolvidos sobre

linguagens de programação de propósito geral, tais como: Fortran, Basic, Pascal, etc. Porém, isso exigia um grande esforço para construção de modelos, além de profissionais com conhecimentos profundos de programação de computadores. Diante dessa dificuldade é que começaram a surgir linguagens de programação dedicadas à simulação que superassem essa barreira. É o caso, por exemplo, das linguagens Gpss, Siman, Slam, Simscript, etc. Tais linguagens eram, na verdade, bibliotecas formadas por conjuntos de macro comandos das linguagens de propósito gerais. Alguns dos simuladores da geração seguinte foram desenvolvidos sobre a plataforma dessas linguagens. Como exemplo tem-se o software Arena®, implementado na linguagem Siman (LAW; KELTON, 2000).

Dentre os pacotes de simuladores pesquisados, para realizar a simulação do processo de pintura, optou-se por utilizar, neste trabalho, o software Arena® da *Rockwell Software Corporation* por ser um dos softwares de simulação discreta mais utilizado no mundo empresarial e acadêmico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo implementar um modelo computacional para analisar a dinâmica operacional do processo de pintura, do produto de maior giro de uma indústria moveleira.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar a curva ABC, da estimativa de demanda do produto de maior giro da indústria;
- b) Identificar o fluxo atual do processo em estudo;
- c) Implementar um modelo conceitual (fluxograma) do sistema em estudo;
- d) Coletar e realizar tratamento estatístico dos dados;
- e) Implementar um modelo computacional no *software ARENA*;
- f) Propor melhorias no processo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, um dos “gargalos” da indústria moveleira em estudo está no setor de pintura, devido ao tempo de permanência, neste setor, das peças de maior giro da empresa. Isto constitui um estrangulamento no fluxo normal da produção e o tempo perdido não pode ser recuperado mais tarde. Verifica-se um custo de oportunidade correspondente à perda econômica da produção que não foi realizada, e logo, não foi vendida. Neste contexto, pretende-se utilizar, neste trabalho, a simulação computacional como ferramenta para encontrar uma maneira de diminuir o tempo de permanência dessas peças no sistema, liberando, com maior velocidade, o setor para pintura de outros produtos do *mix* da empresa.

Também, este estudo irá possibilitar avaliações de diferentes processos produtivos utilizando o mesmo método de trabalho, softwares de simulação computacional. Aumentando assim à capacidade desta respectiva empresa moveleira como de outras indústrias, do mesmo segmento ou não, de reduzir seus custos de produção, tempos de processo e atividades que não agregam valor ao produto, aumento assim sua capacidade produtiva e conseqüentemente seus lucros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação computacional, anteriormente uma ferramenta muito cara e especializada, vem a cada ano sendo utilizada em inúmeras companhias e direcionada para diversas aplicações no processo de apoio à tomada de decisão. Hoje, havendo uma grande gama de softwares para o desenvolvimento de simulações, tem-se disponível no mercado programas que diferem em complexidade para programação, resultados gráficos, custos e formas de aquisição. Dessa maneira, essa poderosa ferramenta de apoio a decisão, hoje, pode ser utilizada por empresas de qualquer ramo de atividade e, principalmente, de qualquer porte. Sejam em empresas prestadoras de serviços (supermercados, *call centers*, aeroportos), empresas de logísticas (centro de distribuição, portos, logística interna), ou em processos de manufatura (linhas de produção, células de produção, robotização), a Modelagem e Simulação, se aplicada de acordo com uma metodologia apropriada, disponibilizará resultados estatisticamente confiáveis para direcionar os gestores a identificar os melhores caminhos possíveis durante o processo de decisão (OLIVEIRA, 2009).

2.1.1 Definição

Inicialmente, para um melhor entendimento do conceito simulação, o dicionário Aurélio define sistema como uma combinação de partes que, entrosadas, levam a um objetivo. O dicionário Priberam, define sistema como uma fusão de partes agregadas para aspirar certo resultado (COSTA, 2009). Também se pode entender por modelo, uma paródia do sistema real de maneira que se possa estudar o desempenho das variáveis desse sistema (GRANDER, 2011).

Segundo Pegden *et. al.* (1990), simulação é o processo de planejar um modelo computacional de um sistema real e coordenar experimentos com este modelo com a finalidade de entender seu desempenho e/ou determinar estratégias para sua ação. Para Prado (2010, p. 24), “Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema

usando um computador digital”. Já Motomura (1980 p. 146) descreve simulação como sendo “uma experiência, um ensaio no qual se procura representar com semelhança, uma determinada situação, o que acontece ou poderia acontecer na vida real”. Freitas Filho (2008) considera a modelagem com uma das principais características do estudo de simulação, onde através da criação de um modelo, torna-se possível analisar seu comportamento sob determinadas condições.

2.1.2 Histórico da Simulação Computacional

A simulação computacional teve início na década de 50. Nesta época, devido a dificuldade de compreensão da programação, somente os profissionais da área conseguiam fazer e compreender seus respectivos resultados. Sendo assim, a simulação na maioria das vezes era descrita através de fórmulas matemáticas, na tentativa de seguir o sistema real em estudo (PRADO, 2010).

Já na década de 60, foram introduzidas novas linguagens, como a GPSS. Tornando-se muito conhecida, devido ao aumento do uso de computadores (PENNA, 2009). Hoje, os computadores têm competência de operar diversos programas e linguagens ao mesmo tempo, com maior clareza, se beneficiando da simulação visual que facilita a compreensão dos sistemas (VOGEL, 2011).

Para um melhor entendimento do sistema, como demonstrado na Figura 1 à seguir, a simulação denomina partes a serem modeladas, como (FREITAS FILHO, 2008):

Variáveis de Estado: conjunto de informações necessárias para se entender o que está havendo no sistema num determinado momento, em relação aos objetos de estudo. Exemplos: número de peças, pessoas ou tarefas esperando na fila.

Eventos: são episódios, que quando acontecem, provocam uma mudança de estado no sistema. Toda alteração de estado é provocada por um evento. Exemplo: a chegada de peças, clientes; o início de um processamento; a saída das peças do sistema.

Entidades: é o que age na simulação, podendo se mover, juntar com outras entidades e afetar o sistema. Podem ser dinâmicas que se deslocam através do sistema, ou estáticas que servem outras entidades. Exemplos de dinâmicas: peças, clientes, tarefas e produtos. Exemplos de estáticas: máquinas e operadores.

Atributos: são características próprias que definem totalmente as entidades. Possibilita a aquisição de estatísticas importantes para quem deseja averiguar o comportamento dos sistemas em estudo. Exemplos: idade dos clientes, altura e cor.

Recursos: é classificado como entidade estática que fornece serviço as dinâmicas. Uma entidade pode necessitar de vários recursos ao mesmo tempo, como uma pessoa e uma máquina. Exemplos: pessoas, equipamentos ou espaços que são utilizados pelas entidades.

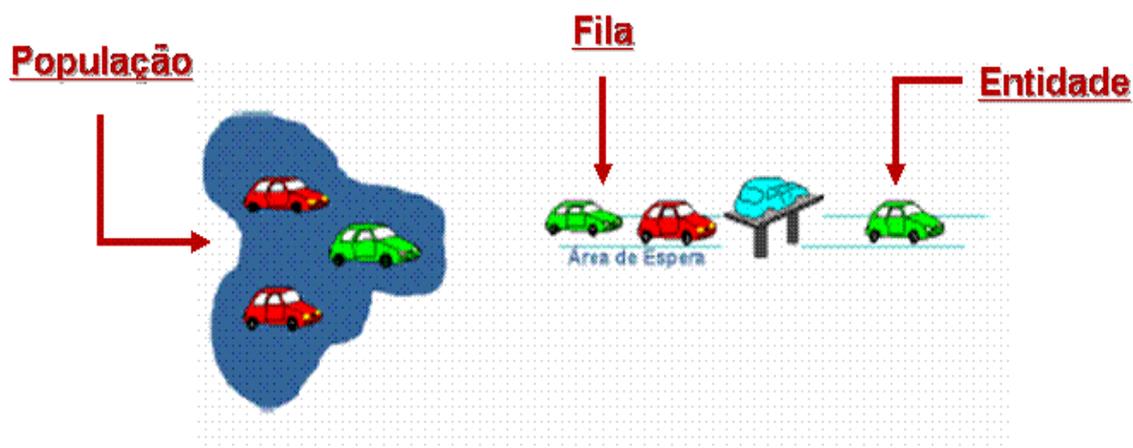


Figura 1–Sistema de um Lava Car

2.1.3 Quando Utilizar a Simulação

A simulação tem sido cada vez mais vista e colocada como uma técnica que permite aos analistas dos mais variados seguimentos (administradores, engenheiros, biólogos, técnicos em informática, etc.) encontrar soluções, aos problemas com os quais enfrentam no dia a dia. O aumento da utilização dessa ferramenta está associado, à facilidade de uso e aprimoramento dos ambientes de desenvolvimento de modelos computacionais. Com interfaces gráficas mais fáceis de compreensão e, fazendo um maior uso de animação dos processos que estão sendo analisados, a simulação deixou de ser aplicada apenas “quando tudo mais já foi tentado” (FREITAS FILHO, 2008).

O principal objetivo do uso dessa ferramenta, é que perguntas podem ser analisadas e respondidas sem que o processo sofra qualquer modificação, uma vez que esses estudos são realizados no computador. A simulação computacional permite analisar sistemas que ainda não foram montados, ajudando no

desenvolvimento de projetos antes que estes estejam prontos. Um modelo de simulação é executado ao invés de resolvido, diferindo-se dos modelos de otimização. Na simulação, permitem-se análises a todo o momento do sistema, de acordo com que novas percepções sobre este são descobertas (FREITAS FILHO, 2008).

O uso da simulação deve ser considerado, quando uma das seguintes condições existirem (FREITAS FILHO, 2008):

- a) Não existe formulação matemática completa para o problema em questão;
- b) Os resultados são mais fáceis de chegar com a simulação do que com o modelo analítico;
- c) Não se encontra competência pessoal para resolução dos problemas por meios numéricos ou analíticos;
- d) É preciso observar o processo desde seu início até as etapas finais, mas não precisando se apegar em pequenos detalhes;
- e) Analisar e observar alternativas que os sistemas reais ainda não possuem.

2.1.4 Vantagens e Desvantagens no uso da Simulação

De acordo com Freitas Filho (2008), as vantagens da simulação são:

- a) Quando elaborado, um modelo de simulação pode ser utilizado diversas vezes para avaliar diferentes projetos;
- b) Na simulação, o sistema proposto pode ser analisado, mesmo quando os dados de entradas deste, sejam ainda esquemas ou rascunhos;
- c) Diferentes hipóteses de como acontecem os processos, podem ser testadas para confirmação;
- d) O tempo pode ser ponderado, possibilitando controlar a velocidade dos fenômenos que ocorrem, para melhor serem estudados;
- e) A constatação de gargalos na produção pode ser encontrada de maneira mais fácil, principalmente pela ajuda visual;
- f) Um estudo de simulação procura mostrar exatamente como um sistema funciona, ao contrário de como os outros pensam que ele opera;

- g) Na simulação pode-se adiantar algumas situações futuras, fazendo com que esta seja um mecanismo para estudar dúvidas do tipo: “O que aconteceria se?”.

Segundo o mesmo autor, as desvantagens são:

- a) Para a organização correta dos modelos, exige-se certo tempo de experiência;
- b) Os resultados obtidos do sistema são na maioria das vezes de difícil compreensão;
- c) A construção e a experimentação dos modelos de simulação levam muito tempo e também recursos. A busca por simplificar os modelos tendo como objetivo à redução de custos e tempo tem apresentado resultados insatisfatórios.

2.1.5 Software de Simulação Arena®

O ARENA® foi lançado pela empresa americana Systems Modeling em 1993 e é o substituto de dois produtos de sucesso da empresa SIMAN e o CINEMA. A partir de 1993, estes softwares uniram-se e foi lançado um único software, o ARENA®. Este programa possui um conjunto de blocos que são utilizados para representar uma aplicação real (PRADO, 2010).

O software ARENA® usa uma Interface Gráfica para o usuário, com isso, minimiza a complexidade do processo, automatizando-o e reduzindo a necessidade do uso do teclado. Sendo o mouse o meio mais utilizado na construção do modelo computacional. O ARENA® possui algumas ferramentas importantes, como o *Input Analyzer* e *Output Analyzer*. O *Input Analyzer* analisa dados reais do processo, escolhendo a melhor distribuição estatística que se aplica a eles. Já o *Output Analyzer*, é uma ferramenta que permite analisar os dados obtidos durante a simulação (PRADO, 2010).

Como à maior parte dos softwares de simulação, o ARENA® enxerga o sistema a ser modelado como um conjunto de estações de trabalho, tendo um ou mais recursos que fornecem serviços a clientes, movendo-se através do sistema. Este movimento pode ser feito pela própria entidade ou transportadores, como empilhadeiras ou correias. Por exemplo: Pessoas (entidades) percorrendo as

diversas seções (*stations*) de um supermercado; Um carro (entidade) sendo lavado na estação de trabalho de um Lava Car (Figura 2). Portanto, para montar um modelo computacional utilizando-se o ARENA®, deve-se, primeiramente, desenhar o sistema que vai ser simulado, identificando suas estações de trabalho (onde a entidade receberá algum serviço) e opções de fluxo, para a entidade, entre as estações de trabalho (PRADO, 2010).

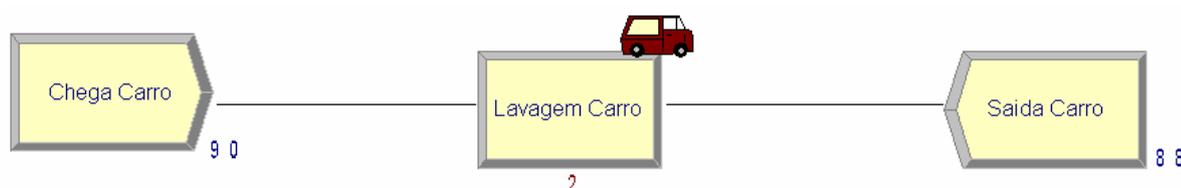


Figura 2 - Modelo Arena de um Lava Car

2.2 A INDÚSTRIA MOVELEIRA

Segundo Gorini (1998) a indústria moveleira se destaca pela pequena estrutura de suas respectivas empresas, onde pequenas e micro empresas representam 88% do total de estabelecimentos registrados, 33% do emprego total e 16% do valor bruto da produção industrial. Já as empresas de porte médio, apresentam 12% do total dos estabelecimentos registrados, 60% do emprego total e em torno de 75% do valor bruto da produção.

As pequenas empresas são normalmente familiares, com isso possuem equipamentos em sua linha de produção com poucos recursos de tecnologia, fazendo com se destaquem pela baixa escala de produção. Em contrapartida, as empresas moveleiras de grande e médio porte, já possuem equipamentos com melhores recursos e mais automatizados, sendo capazes de produzir um *mix* de produtos muito mais amplo (IBQP, 2002).

Com relação aos materiais, o pinus e o eucalipto representam à madeira maciça e o MDF (*MediumDensityFiberboard*), em chapas, se caracteriza por ser de madeira mole, cuja utilização só é possível devido ao desenvolvimento dos maquinários adequados para este fim.

O MDF é utilizado na Europa e nos EUA desde a década de 1970 (o material foi desenvolvido pelos EUA no final da década de 1960), no entanto foi introduzido no Brasil na década de 1990, para substituir o aglomerado e a madeira maciça nas

partes (aparentes) visíveis dos móveis, onde é necessária a utilização de usinagem para trabalhar esteticamente o produto.

A indústria moveleira da maioria dos países apresenta grande semelhança quanto sua respectiva organização da produção, assimilação da mão de obra e estrutura industrial. Em todo mundo, este segmento de mercado se destaca pela grande mão de obra utilizada, mesmo com a introdução de novas máquinas, com diversos dispositivos eletrônicos, no mercado. Para Rangel (1993, p.33), isto ocorre porque "... muitas operações são ainda manuais e, por se tratar de processos de produção descontínuos, a integração do sistema de máquinas é quase sempre mediada pela intervenção do homem".

Outra característica importante da indústria moveleira, é a baixa representatividade de mercado em relação as outras indústrias de transformação. Segundo Chudnovsky (1996), no final dos anos 80 a produção de móveis nos países desenvolvidos era 1,8% do produto industrial, em quanto nos países com menor poder econômico, era de 1%. Já em 1989 este tipo de indústria, representava 1,2% da produção mundial nos principais países desenvolvidos, como EUA, Japão, Alemanha, França, Inglaterra, Itália e Espanha (RANGEL, 1993).

De acordo com Chudnovsky (1996), a indústria moveleira está seguindo para um novo padrão de organização industrial, se caracterizando por: padronização e produção seriada, aperfeiçoamento de peças e produtos referentes a produção, utilização de métodos eficientes que facilitam a embalagem dos móveis desmontados, reciclagem e reutilização de móveis usados, utilização de matérias primas mais "limpas" facilitando sua reciclagem e eliminação das matérias tóxicas presentes nos processos de produção.

2.3 CURVA ABC

O princípio do Diagrama de Pareto, também conhecido como curva ABC, foi observado por Vilfredo Pareto na Itália, após um estudo da distribuição da riqueza em uma população, onde observou-se que a maior parte da riqueza concentrava-se em uma parcela pequena de pessoas, em uma relação de 80 para 20. Atualmente, são muito comuns sistemas que tenham essa mesma característica, ou seja, um número pequeno de itens possui uma representatividade grande em relação a

alguma característica (GOEBEL, 1996).

Segundo Carvalho (2002) a construção da curva ABC é um processo simples e que exige poucas informações: o código do material ou item, a demanda em unidade de cada item durante o período de estudo. Com estas informações faz-se o cálculo da demanda em relação aos produtos expedidos e finalmente a ordenação decrescente dos itens e a construção da curva.

De acordo com Pozo (2010), a Curva ABC é usada mais especificamente para estudos e análises de produtos terminados, vendas, preferências da produção, cotação de preços dos produtos e medidas de estoque. Seu desempenho tem como grande objetivo, possibilitar para a administração tomadas rápidas de soluções, que possam trazer resultados positivos para a empresa.

Para Dias (1995) uma análise ABC consiste da separação dos itens em três grupos de acordo com o valor de demanda:

Classe A: grupo de itens mais importantes requer uma maior atenção.

Classe B: grupo de itens em uma posição intermediária, entre as classes A e C.

Classe C: grupo de itens menos importantes, requerendo pouca atenção da direção.

2.4 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Segundo Slack; Chambers & Johnston (2009, p.4) “A administração da produção é a atividade de gerenciar recursos destinados à produção e disponibilização de bens e serviços”. Toda indústria possui a função produção, que tem por objetivo atender as necessidades e satisfações dos consumidores, através da produção e entrega de produtos e serviços.

A função produção é essencial para qualquer que seja a organização, pois é ela quem produz os bens e os serviços. Porém, não é a única, além dela têm-se mais duas funções essenciais. Sendo elas (Slack; Chambers & Johnston, 2009):

- a) Função *marketing* (que inclui vendas) - responsável pela divulgação dos produtos e serviços ao consumidor, de modo a gerar maior visibilidade e vendas à organização.
- b) Função desenvolvimento de produto/serviço – criação de novos produtos e serviços ou modificação dos já existentes, satisfazendo as perspectivas dos consumidores.

Na teoria, a questão administração da produção é a mesma para qualquer tamanho de organização. Mas na prática, não é bem assim que funciona. Empresas de pequeno e médio porte, possuem algumas desvantagens em relação à administração da produção comparadas à empresas de grande porte, mas também em contrapartida mostram algumas vantagens sobre estas. Em pequenas e médias empresas, as pessoas, de acordo com as necessidades, podem executar diferentes trabalhos, o que não ocorre em empresas de grande porte, onde devido à maiores recursos, cada profissional destina-se a executar tarefas especializadas (Slack; Chambers & Johnston, 2009).

A produção, em resumo, contém um conjunto de *input* (entradas-recursos que são tratados, transformados ou convertidos de alguma forma), usado para transformar algum produto ou ser transformado em *outputs* (saídas) de bens e serviços. Toda operação pode ser vista como *input-transformação-output*, diferenciando-se estas em relação a origem e natureza de seus respectivos *inputs* e *outputs*. Um bom exemplo pode ser dado através da diferença entre uma fábrica de automóveis e um hospital. A fábrica de automóveis contém corte e conformação de materiais e processos de montagem, enquanto o hospital contém diagnóstico, processos assistenciais e terapêuticos. A principal diferença entre os dois processos em questão, pode-se dar pela natureza de seus *inputs*. Enquanto a fábrica de automóveis transforma aço, plástico, tecido, pneus e outros materiais (*inputs*) em veículos (*outputs*). O hospital transforma os próprios pacientes, sendo estes partes do *input* e *output* de produção (Slack; Chambers & Johnston, 2009).

Administração da produção significa gerenciar processos. Onde estes processos são definidos de acordo com Slack; Chambers & Johnston (2009, p. 13), como sendo “o arranjo de recursos que produzem alguma mistura de produtos e serviços”. Observando-se uma operação, você notará que ela é constituída por vários processos, onde estes por sua vez, são versões menores da operação maior a que pertencem. Portanto, estes processos são de fundamental importância para o desempenho de todas as operações.

Os gerentes de produção têm diversas atividades importantes dentro da administração da produção, sendo responsáveis pela tradução da estratégia em ação operacional, o projeto da operação, o planejamento e controle das atividades da operação e o aperfeiçoamento da produção ao longo do tempo. Seu papel é cada vez mais importante, devido à alta concorrência existente no mercado atual e um

ambiente de negócios mais turbulento e dinâmico, exigindo novos pensamentos dos gerentes de produção. Também através do aprimoramento das práticas operacionais, pode-se representar um ganho no desempenho financeiro para a organização (Slack; Chambers & Johnston, 2009).

As atividades da organização que contribuem para produção de bens e serviços são de responsabilidade dos gerentes de produção. Existe um “modelo” de atividades que se aplica a todos os tipos de produção, como:

- a) Entendimento dos objetivos estratégicos da produção;
- b) Desenvolvimento de uma estratégia de produção para a organização;
- c) Projeto dos produtos, serviços e processos de produção;
- d) Planejamento e Controle da Produção;
- e) Melhoria do desempenho da produção;
- f) Responsabilidades amplas dos gerentes de produção.

Qualquer que seja as atividades de administração da produção, esta é essencial para se alcançar o sucesso desejado pela organização. Pois através de recursos utilizados, se produz bens e serviços com o objetivo sempre de satisfazer o consumidor. Para chegar a este objetivo, é preciso ser criativo, inovador e vigoroso ao aperfeiçoar seus processos, produtos e serviços. Uma operação bem constituída pode oferecer quatro tipos de benefícios ou vantagem para a organização (Slack; Chambers & Johnston, 2009) :

- a) Pode-se apresentar eficiente e reduzir os custos relacionados à produção;
- b) Pode aumentar o lucro da organização, devido a uma maior satisfação do consumidor final, em relação aos produtos e serviços;
- c) Pode-se reduzir o investimento para se produzir uma quantidade de produtos e serviços, através de uma maior capacidade produtiva e novas tecnologias empregadas;
- d) Pode fornecer a base à inovação futura, através da transmissão de conhecimentos sólidos e habilidades operacionais dentro da organização.

Nesta etapa se encerra a revisão de literatura, na qual foram expostos os conceitos teóricos que envolvem este trabalho. Foram abordados alguns temas como simulação computacional, seu histórico, utilização e suas vantagens e

desvantagens, o *software* Arena®, a indústria moveleira, a curva ABC e a administração da produção.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo pode ser classificada quanto ao tipo de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. Desta forma serão apresentados os passos que foram seguidos para realização do trabalho.

A pesquisa pode ser classificada de acordo com sua natureza, com os objetivos, com a forma de abordagem do problema e com os procedimentos técnicos que serão adotados. A Figura 3 apresenta todos estes tipos de classificações.

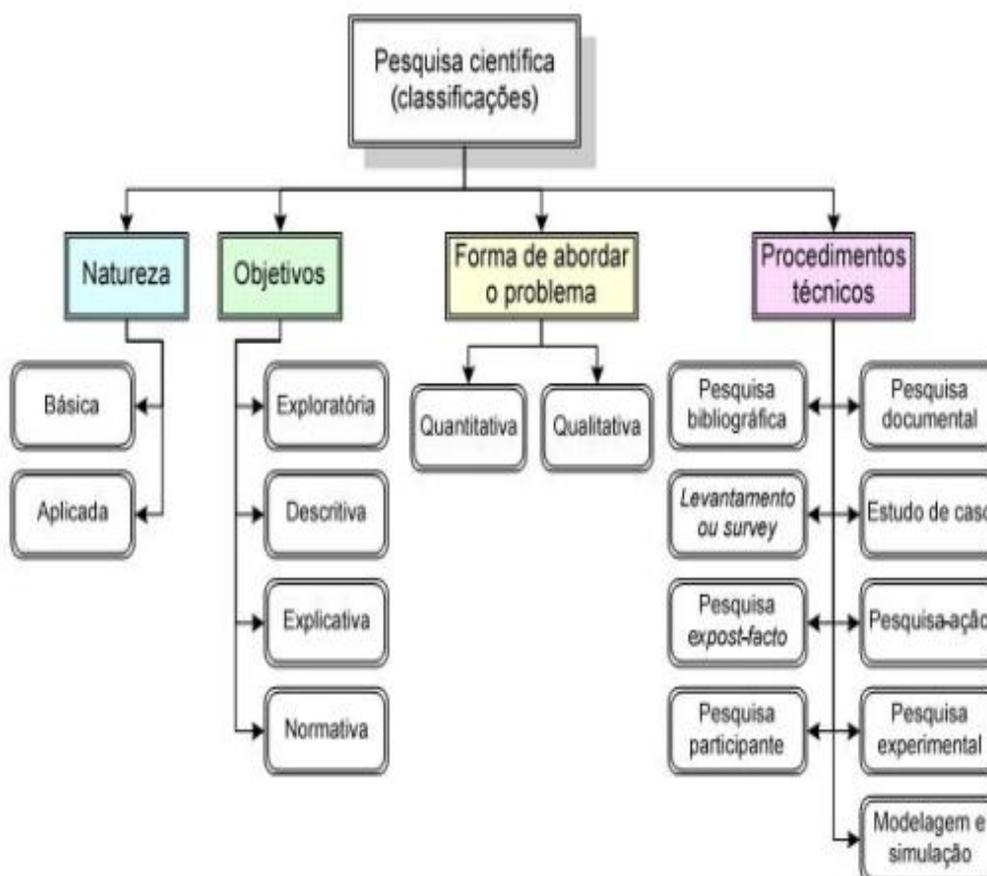


Figura 3 - Formas de classificação da pesquisa
Fonte: BRIGHENTI (2006, apud Silva; Menezes, 2005)

A classificação quanto ao tipo de pesquisa pode ser subdividida de acordo com a natureza, sendo para este estudo aplicada, pois seus resultados são aplicados à resolução de problemas reais enfrentados pela empresa em estudo.

Quanto aos objetivos é descritiva, pois tem como objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno. Quanto à forma de abordar o problema pode ser considerada quantitativa, pois os dados obtidos (cronometrados) no sistema real foram, em seguida, tratados estatisticamente. E de acordo com os procedimentos técnicos como modelagem e simulação, uma pesquisa operacional.

A pesquisa em questão desenvolveu-se no segundo semestre de 2012, em uma empresa moveleira do oeste do Paraná. Para sua realização foram necessários alguns materiais de auxílio para se chegar aos resultados esperados. Foi utilizado um notebook portátil contendo programa de medição de tempos simultâneos além do software de simulação Arena®, um cronômetro portátil, material de apoio para anotações e observações sobre o sistema em estudo e uma mesa com cadeira para melhores condições de trabalho. Assim, com os materiais de apoio disponíveis, começou-se a medição de tempos de processo de pintura do produto de maior giro da indústria. Os lotes chegavam com o produto no setor de pintura, e assim que entravam no processo dava-se início a tomadas de tempos, onde estas eram feitas para todas as estações de trabalho que o produto em questão passava, e todas as outras atividades que estes eram submetidos. Estes tempos eram transcritos em anotações, para posteriormente poder-se fazer uma análise crítica destes e realizar uma média padrão entre eles, podendo assim estabelecer uma amostra para pesquisa. Após a definição desta amostra, os respectivos tempos que se enquadram nesta são introduzidos no software de simulação Arena®, onde este irá fornecer um modelo computacional que representará o processo de pintura do produto de maior giro da indústria moveleira, possibilitando através dos resultados estatísticos gerados por este software, uma análise completa dos objetivos propostos por esta pesquisa.

Como estratégia de pesquisa, foi utilizado o estudo de caso que, conforme Yin (2001), é ideal em situações organizacionais reais em que o pesquisador não tem controle dos fenômenos.

3.1 A INDÚSTRIA MOVELEIRA EM ESTUDO

A indústria moveleira em estudo está localizada na Região Oeste do Paraná, possui uma área total de aproximadamente 16 mil m² e conta com cerca de 200

funcionários. A produção dos móveis, de madeira, está distribuída em duas plantas fabris, que totaliza uma gama de mais de 160 produtos, entre cadeiras, mesas e bases para mesa de jantar, balcões, aparadores, poltronas, racks e mesas de centro, em diversas opções de cores.

O processo produtivo de uma indústria de móveis envolve diversas etapas e equipamentos. Simplificadamente podem-se descrever as principais etapas como segue. Corte: etapa inicial de produção que consiste em cortar os objetos estocados, chapas de madeira MDF (*MediumDensityFiberboard*) utilizando diferentes padrões de corte. Furação: depois de cortados, os itens são furados e usinados, em máquinas do setor de furação e usinagem, para o encaixe das peças e montagem dos móveis. Montagem: neste setor, depois da etapa de furação, de acordo com o processamento de cada peça, algumas passam pela coladeira de borda, prensa, laminação e cabine de lixação. Enquanto outras já são montadas e preparadas diretamente para o processo de pintura, passando apenas pelas cabines de lixação ou por mais alguns dos processos citados anteriormente. Pintura e Acabamento: nestas etapas, as peças, anteriormente preparadas, são pintadas e acabadas. O Setor de Pintura, da indústria moveleira, é composto de quatro seções: a Seção de Pintura de Fundo, a Seção de Secagem, a Seção de Lixa e a Seção de Pintura de Acabamento.

3.2 DIAGRAMA DE PARETO

Uma técnica simples e bastante utilizada, principalmente quando existe uma variedade grande de produtos, que auxilia a visualização e a análise do que é relevante ou não é o Diagrama de Pareto, também conhecido como Curva ABC. Esta técnica é uma ferramenta auxiliar de produtividade, pois uma vez que selecionados e classificados os elementos em análise, pode-se dedicar mais recursos ao que é mais relevante e de maior impacto sob quaisquer aspectos (BERNARDI, 2008). Portanto, a curva ABC, em ambientes fabris, possibilita uma visualização mais crítica de quais produtos devem ter um cuidado especial e quais não precisam ser tratados de tal maneira.

Para Tubino (2000), a construção da curva ABC (Figura 4) pode se dar da seguinte maneira:

- Calcular a demanda valorizada de cada item (custo unitário x demanda);
- Ajustar em ordem os itens decrescentes, das demandas valorizadas;
- Calcular a demanda total dos itens;
- Calcular as porcentagens individuais e acumuladas da demanda valorizada de cada item em relação à demanda valorizada total;
- Organizar, as classes A, B e C.

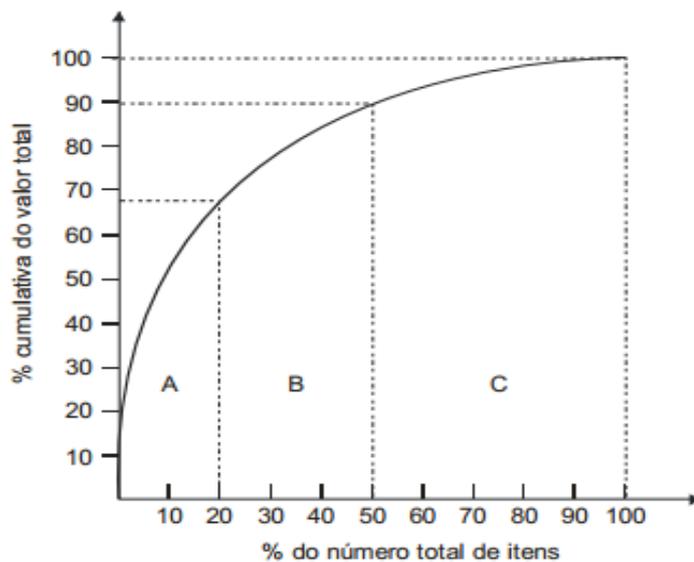


Figura 4 - Construção da Curva ABC de Demanda de Produtos
Fonte: Almeida (2007, apud Slack; Chambers; Johnston, 2002)

3.3 O SETOR DE PINTURA

O fluxograma do processo de pintura da indústria moveleira é apresentado na Figura 5.

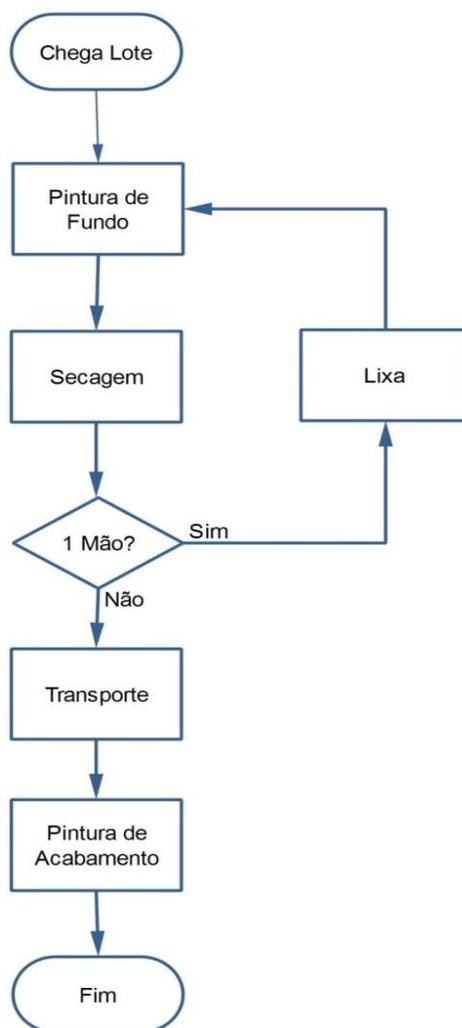


Figura 5 - Fluxograma do Processo de Pintura da Empresa Moveleira em Estudo

As peças da Base de Mesa de Jantar chegam a Seção de Pintura de Fundo (1ª mão) em lotes. Após o processo de pintura (1ª mão) as peças são colocadas, ao lado da cabine de pintura em uma esteira de rolos, onde acontece o processo de secagem (Seção de Secagem). A esteira de rolos tem capacidade para 12 peças da Base de Mesa de Jantar. Depois de secas, ocorre o processo de decisão, sendo as peças analisadas e de acordo com seus fins, são lixadas na Seção de Lixa e enviadas novamente ao processo de pintura (2ª mão). Na sequência, depois de secas, são transportadas para Seção de Pintura de Acabamento. No processo de decisão, se as peças não necessitarem passar novamente pelo processo de pintura de fundo (2ª mão), são apenas lixadas (Seção de Lixa) e transportadas diretamente para seção de pintura de acabamento.

Observa-se que, atualmente, trabalham 3 funcionários no Setor de Pintura:

1 na Seção de Pintura de Fundo, 1 na Seção de Lixa e 1 na Seção de Pintura de Acabamento. Observa-se ainda, que o funcionário da Seção de Lixa também faz o transporte das peças para o Setor de Pintura de Acabamento.

3.4 O SOFTWARE ARENA®

O Arena® é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém inúmeros recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados. A plataforma de simulação Arena® possui as seguintes ferramentas (KELTON; SADOWSKI, 1998):

- i. Analisador de dados de entrada (*Input Analyzer*);
- ii. Analisador de resultados (*Output Analyzer*);
- iii. Analisador de processos (*ProcessAnalyzer*).

Este software é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em Arena® são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc, que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações (FERNANDES *et. al.*, 2006).

No planejamento, da coleta de dados, verificou-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempos de Pintura de Fundo – 1ª Mão (TPF1); Tempos de Pintura de Fundo – 2ª Mão (TPF2), Tempo de Secagem (TS=25 minutos); Tempos para Lixar as Peças (TL); Tempo de Transporte (TT=16 segundos) e Tempos de Pintura de Acabamento (TPA). Estes dados foram analisados com a ferramenta *Input analyzer* (analisador de dados de entrada) do software Arena®. Segundo Prado (2010), esta ferramenta permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles.

A simulação da dinâmica operacional do processo de pintura foi realizada com o software Arena®, e os resultados analisados nas ferramentas *Output Analyzer* e *ProcessAnalyzer*.

Nas indústrias de móveis, inicialmente, determina-se a quantidade do produto (tamanho do lote) a ser produzido em cada período do horizonte de planejamento. Com essa informação calcula-se, para o período, a quantidade de cada tipo de peça a ser pintada. Na Figura 6 apresenta-se o modelo computacional, implementado neste trabalho, para simular um lote do produto de maior giro da indústria moveleira.

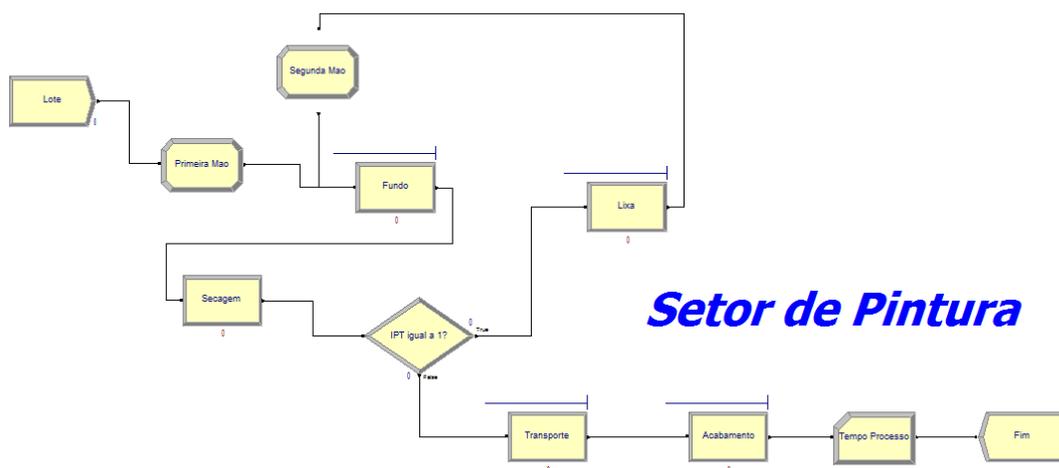


Figura 6 - Modelo Computacional da Simulação do Processo de Pintura do Produto de Maior Giro da Empresa Moveleira

A simulação do processo de pintura das peças através do software Arena® é realizada da seguinte maneira: As peças (entidades) chegam, no modelo, através do módulo CREATE, passando pelo módulo ASSIGN (Primeira Mão) onde foi definido o label (IPT=1), para identificar se a entidade já passou pelo processo de pintura de fundo (1ª Mão). Colocou-se neste módulo como atributo, a distribuição de probabilidades do tempo de pintura de fundo (1ª Mão). Observa-se, também, que no segundo módulo ASSIGN (Segunda Mão), foram definidos o label (IPT=2) e a distribuição de probabilidades do tempo de pintura de fundo (2ª Mão). A seguir, as peças são enviadas aos módulos PROCESS (Fundo e Secagem) onde recebem a primeira mão da pintura de fundo e passam pelo processo de secagem. Na sequência, no módulo DECIDE (IPT igual 1?), as peças são separadas, as que receberam somente a pintura de primeira mão (IPT=1) retornam aos módulos PROCESS (Fundo e Secagem), as outras peças são transportadas (módulo PROCESS (TRANSPORTE)), através de uma esteira de rolos, para o módulo

PROCESS (Acabamento).

Os tempos médios de permanência das peças no sistema são coletados através do módulo RECORD (Tempo Processo).

3.4.1 Tratamento dos Dados

Inicialmente, os dados coletados no sistema passam por uma avaliação descritiva completa através do software Statistica® versão 10. Na sequência, os dados são plotados em forma de *boxplot* para uma análise preliminar do comportamento das observações. A seguir, aplica-se a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada na Figura 7 (MARROCO, 2003). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Os *outliers* considerados como extremos são descartados, das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos nas amostras.

<u>Outliers</u>
$A=Q^3-Q^1$
Valor $< Q^1-1,5A$ - <u>Outlier Moderado</u>
Valor $> Q^3+1,5A$ - <u>Outlier Moderado</u>
Valor $< Q^1-3,0A$ - <u>Outlier Extremo</u>
Valor $> Q^3+3,0A$ - <u>Outlier Extremo</u>

Figura 7 - Identificação de outliers

3.5 NÚMERO DE REPLICAÇÕES

Segundo Freitas Filho (2008), de uma maneira geral, a coleta de dados para a composição de uma amostra a partir da simulação de um modelo pode ser realizada de duas formas:

1. Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o processo e utilizar o tempo que cada peça esperou na fila da

Seção de Lixa para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de peças que passaram pela fila ao longo do período simulado.

2. A segunda maneira de gerar a amostra é realizar n simulações (replicações). Assim, cada replicação gera um elemento para a amostra. Uma vez que estamos lidando com um sistema terminal no qual as condições iniciais e o período de simulação são fixos, a melhor maneira de garantir que os valores da amostra sejam estatisticamente independentes é obtê-los a partir de replicações independentes.

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da seguinte Equação (1):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*}\right)^2 \quad (1)$$

onde:

n - número de replicações já realizadas;

h - semi-intervalo de confiança já obtido; e

h^* - semi-intervalo de confiança desejado.

3.6 VALIDAÇÃO DO MODELO

A validação tem por objetivo proceder à comparação de valores de variáveis geradas pelo modelo com os obtidos do sistema real (SARGENT, 1998). Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, foi realizada uma comparação de médias por meio de análise de variância (ANOVA), utilizando a ferramenta de análise do software Statistica® versão 10.

A análise de variância é um teste estatístico amplamente difundido entre os analistas, e visa fundamentalmente verificar se existe uma diferença significativa entre as médias de dois ou mais grupos (MONTGOMERY, 2003).

3.7 TAMANHO DA AMOSTRA

O tamanho de cada uma das quatro amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida, para um nível de confiança de 95%, através da Equação (2) (MARROCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (2)$$

onde:

n_A : número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$: valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

S : desvio padrão;

E : erro máximo estimado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A CURVA ABC

Na Tabela 1 apresentam-se os dados coletados em arquivos históricos da empresa. Estes dados foram utilizados na construção da curva ABC (Figura 8):

Tabela 1 - Demanda dos produtos coletadas em arquivos históricos da empresa moveleira para construção da curva ABC

Índice	Produto	Percentual de Produto Expedido	Percentual acumulado	Ordenador	Quantidade
1	Base Mesa Jantar	34,02	34,02	1509,00	1509,00
2	Mesa de apoio	15,78	49,80	700,00	700,00
3	Mesa Centro	10,37	60,17	460,00	460,00
4	Balcão	9,81	69,97	435,00	435,00
5	Rack	9,24	79,22	410,00	410,00
6	Mesa Jantar	7,46	86,68	331,00	331,00
7	Mesa	3,38	90,06	150,00	150,00
8	Porta Rack	2,91	92,97	129,00	129,00
9	Apar	2,71	95,67	120,00	120,00
10	Car de bebida	1,67	97,34	74,00	74,00
11	Painel traseiro	1,13	98,47	50,00	50,00
12	Bar	0,95	99,41	42,00	42,00
13	Porta Balcão	0,43	99,84	19,00	19,00
14	Banco	0,09	99,93	4,00	4,00
15	Porta e Lateral	0,07	100,00	3,00	3,00
				Total	4436

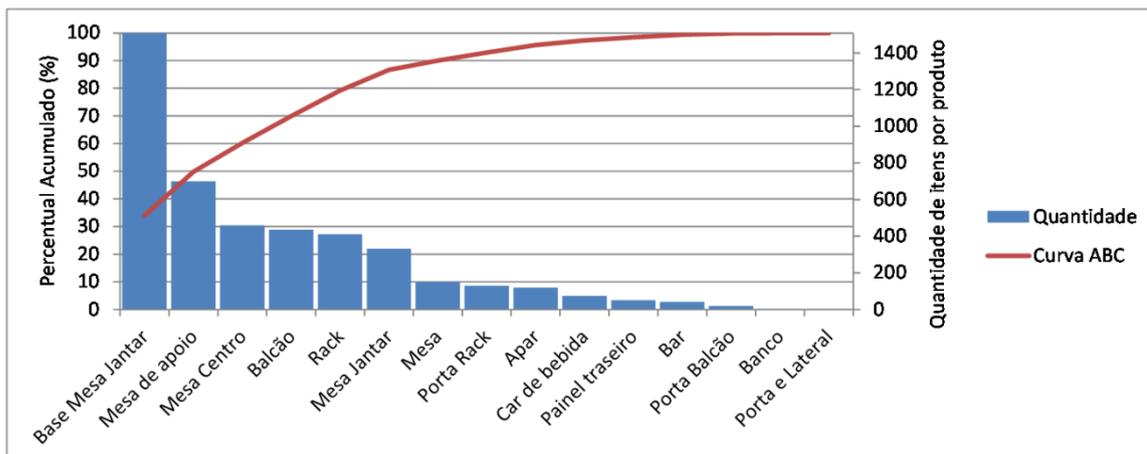


Figura 8 - Curva ABC da Demanda dos Produtos Coletadas em Arquivos Históricos da Empresa

Observa-se, através da Tabela 1 e da Figura 8, que a Base da Mesa de Jantar é o produto mais produzido pela indústria (34,02%). Consequentemente é o produto com maior tempo de permanência no Setor de Pintura da indústria moveleira.

4.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES

Após a análise dos dados cronometrados, no sistema, através de técnicas estatísticas (MARIN; TOMI, 2010), o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo, através da ferramenta *Input Analyzer* do *Arena*®. Como os *p-values* do teste de aderência (Kolmogorov-Smirnof) é maior que o nível de significância adotado (0,1) (CHWIF & MEDINA, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 2, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 2 - Distribuição de probabilidades do comportamento estocástico do sistema em estudo através da ferramenta Input Analyzer

Itens	Distribuição	Kolmogorov-Smirnov
TPF1	UNIF(304,420)	<i>p-value</i> =0,794
TPF2	UNIF(100,272)	<i>p-value</i> =0,954
TL	420+EXPO(14.6)	<i>p-value</i> =0,970
TPA	185+75*BETA(3.2,2.22)	<i>p-value</i> =0,901

4.3 VALIDAÇÃO DO MODELO IMPLEMENTADO

Ao ser aplicada análise de variância (Tabela 3), a 1% de significância, na comparação das médias obtidas a partir do sistema real e as geradas pelo modelo de simulação, para a variável TEFSL (Tempo de Espera na Fila da Seção de Lixa), não foram constatadas diferenças estatísticas. Pode-se observar, através dos dados apresentados na Tabela 3, que F_0 é menor que $F_{crítico}$ ($F_0=0,177645$ enquanto $F_{crítico}=11,25862$) e o valor-P é maior que o nível de significância adotado (0,01). Portanto, pode-se afirmar que o modelo computacional presta-se para os objetivos propostos neste trabalho.

Tabela 3 - Análise de variância dos resultados emitidos pelo software de simulação Arena®

Fonte da variação	SQ^1	gl^2	MQ^3	F_0	valor-P	$F_{crítico}$
Linhas	20,5085	8	2,563563	1,238199	0,384908	6,02887
Colunas	0,367796	1	0,367796	0,177645	0,684501	11,25862
Erro	16,56317	8	2,070396			
Total	37,43947	17				

¹SQ: Soma dos quadrados; ²gl: Graus de liberdade; ³MQ: Quadrado médio.

4.4 SIMULAÇÃO

Para a realização da análise do sistema em estudo, são propostos três cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de funcionários da Seção de Pintura de Fundo e da Seção de Lixa. Os indicadores de desempenho utilizados para a análise são: o tempo de pintura de

fundo, o tempo médio que cada peça fica no sistema e o tempo de espera das peças na fila da seção de lixa.

- Cenário 1: Sistema constituído por 1 pintor de fundo , 1 pintor de acabamento e 1 lixador (Cenário Atual).
- Cenário 2: Sistema constituído por 2 pintores de fundo , 1 pintor de acabamento e 1 lixador.
- Cenário 3: Sistema constituído por 2 pintores de fundo , 1 pintor de acabamento e 2 lixadores.

Na Tabela 4 e Figura 9 apresentam-se os resultados obtidos, da simulação do sistema, para os três cenários. Observa-se que os resultados foram obtidos após 10 replicações. Este número de replicações foi definido, com nível de confiança de 95%, utilizando a ferramenta *Output Analyzer do Arena®*.

Tabela 4 - Resultados de simulação dos cenários (1,2 e 3) propostos pelo trabalho em minutos

Cenário	Tempo no Sistema	Tempo Pintura de Fundo	Tempo Fila da Lixa
1	115,214	17,553	5,059
2	115,214	4,09	19,731
3	79,046	4,09	2,344

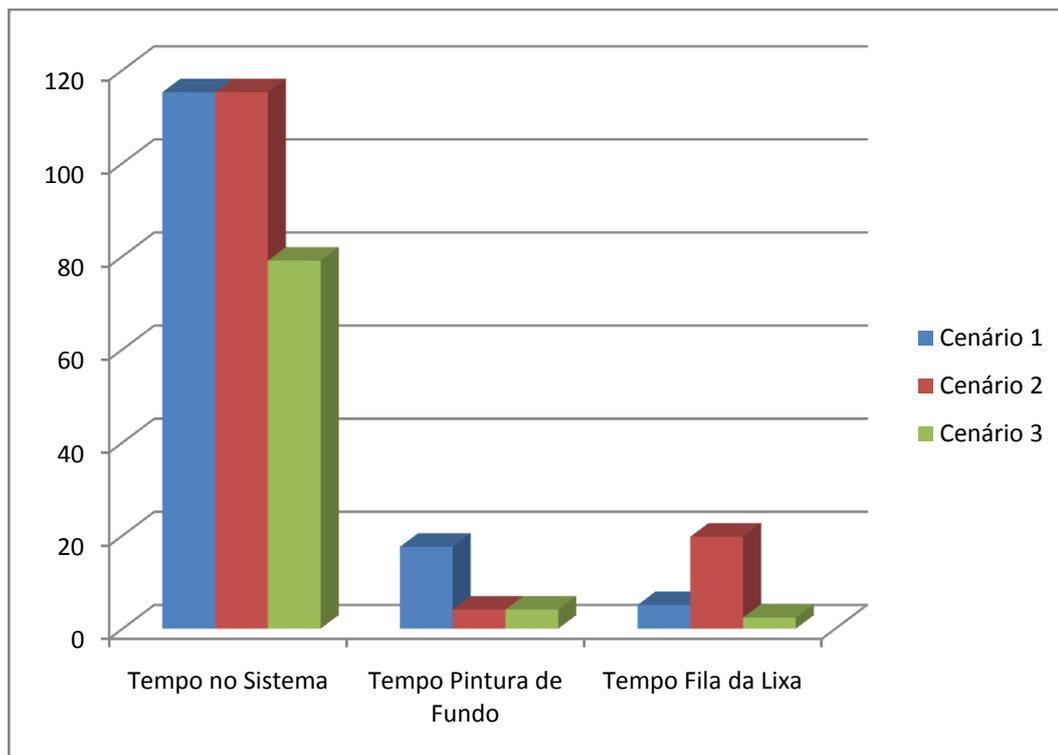


Figura 9 - Resultados de simulação para os cenários simulados

Observa-se através dos dados apresentados na Tabela 4 e Figura 9 que o tempo de pintura de fundo diminuiu com a utilização de dois pintores na Seção de Pintura de Fundo (cenário 2), mas o tempo médio de permanência das peças no sistema manteve-se constante, devido ao aumento no tempo médio de espera na fila da Seção de Lixa. Observa-se, também, que o tempo médio de permanência das peças no sistema diminuiu, aproximadamente 36 minutos, com a colocação de mais um funcionário na Seção de Lixa. Portanto, conclui-se, que o cenário 3 é o melhor cenário simulado neste trabalho.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentou-se a metodologia utilizada na implementação do modelo computacional usado para simular a dinâmica operacional do processo de pintura do produto de maior giro de uma indústria moveleira.

De acordo com os resultados das análises procedidas para a validação do modelo computacional, foi possível concluir que o mesmo pode ser aplicado para simular a dinâmica operacional do processo de pintura da Base de Mesa de Jantar, principalmente na previsão da variável TESL (Tempo de Espera na Seção de Lixa).

Concluiu-se, também, que com a utilização de mais dois funcionários (um na Seção de Pintura de Fundo e outro na Seção de Lixa), diminuiu-se o tempo de permanência das peças, de maior giro da indústria, no sistema de pintura. Liberando o setor mais rapidamente, para pintura de outros produtos do *mix* da empresa.

Sendo assim, esta proposta de mais dois funcionários no setor de pintura da respectiva indústria, é comprovada através dos resultados obtidos da simulação que é bastante vantajosa, tanto do ponto de vista de redução de tempos de processo, como também a conseqüente redução de custos e aumento de produtividade que este novo método poderá oferecer. Cabendo agora a empresa em estudo, avaliar as vantagens e desvantagens da incorporação destes mais dois funcionários em seu processo de pintura de móveis.

Também, como sugestões de melhorias para empresa, esta poderia verificar a possibilidade de realocar de outras áreas da indústria, esses dois novos funcionários para o setor de pintura, minimizando assim os gastos com contratação de mão-de-obra.

Esse novo cenário do setor de pintura do produto de maior giro da empresa moveleira proposto pelo presente trabalho pode, perfeitamente através de estudos futuros, servir como base para aplicação de novos cenários de trabalho do mesmo setor, levando em consideração agora outros produtos do *mix* da empresa em questão.

A aplicação da simulação computacional gerou um conhecimento adicional à cerca do processo para todos os envolvidos e possibilitou, também, a identificação de oportunidades de melhorar o processo de pintura de móveis da indústria moveleira.

REFERÊNCIAS

ABIMOVEL. **Recuperação do sistema imobiliário americano**. Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário. Disponível em: <<http://www.abimovel.com/>>. Acesso em: 12 de janeiro 2013.

ALMEIDA, T. R. **Desenvolvimento de uma política de decisões de ressuprimento para materiais de demanda dependente**. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG, 2007.

BANKS, J. **Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications and Practice**. John Wiley& Sons. New York, 1998.

BERNARDI, L. A. **Manual de empreendedorismo e gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas**. SãoPaulo: Atlas, 2008.

BRIGHENTI, J. R. N. **Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2006.

CARVALHO, J. M. C. **Logística**.Edições Silabo. Lisboa, 2002.

CHUDNOVSKY, D. **Diagnóstico de competitividade industrial del MERCOSUR: industria de muebles de madera**. Programa BID/MURCOSUR, 1996.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo, 2007. Brazilian Books.

COELHO, M. R. F. **Competitividade das exportações brasileiras de móveis no mercado internacional: uma análise segundo a visão desempenho**. Revista da FAE, 2004, v. 2, 30-39.

COSTA, A. L. B. **Aplicação da Simulação Computacional no Mapeamento do Fluxo de Operações de Uma Empresa de Manutenção de Motores Elétricos**. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, 2009.

DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 1995. 4 ed.

FERNANDES, C. A.; SILVA, C. S.; PEREIRA, J.O., YAMAGUCHI, M. M. **Simulação da Dinâmica Operacional de uma Linha Industrial de Abate de Suínos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2006, v.26, 166-170.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. Florianópolis, 2008. Visual Books, 305 p.

GOEBEL, D. **Logística – Otimização do transporte e estoques na empresa**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

GORINI, A.P.F. **Panorama do Setor Moveleiro no Brasil, com Ênfase na Competitividade Externa a Partir do Desenvolvimento da Cadeia Industrial de Produtos Sólidos de Madeira**. Rio de Janeiro: BNDES, set. 1998. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acessado em: 08/02/2013.

GRANDER, G. **Simulação e Análise do Processo de Picking no Estoque de uma Indústria Moveleira**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira – PR, 2011.

IBQP – Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no oeste do Paraná**. Curitiba. 2002.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. **Simulation with arena**. McGraw-Hill. New York, 1998.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling analysis**. McGraw-Hill. New York, 2000.

MARIN, T.; TOMI, G. F. C. **Modelagem de dados de entrada para simulação estocástica Del lavra**. Revista Escola de Minas, v.60, 559-562, 2010.

MARROCO, J. **Análise estatística de dados – com utilização do SPSS**. Lisboa: Sílabo, 2003.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments** Wiley. New York, 2005.

MARROCO, J. **Análise estatística de dados – com utilização do SPSS**. Sílabo. Lisboa, 2003.

MOTOMURA, O. **Jogos de Empresa**. In: BOOG, G. G. Manual de Treinamento e Desenvolvimento. McGraw-Hill: São Paulo, 1980.

OLIVEIRA, T. L. **Simulação Computacional Aplicada ao Tráfego: Uma Análise do Fluxo de Veículos na Praça Tiradentes em Ouro Preto (MG)**. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, 2009.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R.P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**. McGraw-Hill, NY, 2. Ed., 1990.

PENNA, I. C. **Modelo de simulação para análise da gestão operacional de um estacionamento**. 2009. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

POZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais**. Ed. Atlas, 2010.

PRADO, D. **Usando o ARNA em simulação**. INDG – Tecnologia e Serviços LTDA. Nova Lima, 2010. 307 p.

RANGEL, A. S. **Estudo da competitividade da indústria brasileira: competitividade da indústria de móveis de madeira**. Campinas: IE/UNICAMP-IEI/UFRJ-FDC-FUNDEX, 1993. 100p.

SARGENT, R. G. **Verification and validation of simulation models**. In: WINTER THE SIMULATION CONFERENCE, 1998, Washington, Proceeding,, Washington: WSC, p. 20-28.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JHONSTON, R. **Administração da Produção**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VOGEL, C. C. **Simulação e estudo da ergonomia física do processo industrial de paletização de caixas de leite UHT**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira – PR, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.