

BRUNO SANTOS DE SOUZA

**APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO
DE DECISÃO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Diploma de Engenheiro de
Produção.

São Paulo

2010

BRUNO SANTOS DE SOUZA

**APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO
DE DECISÃO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do Diploma de Engenheiro de
Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Paulino Graciano Franscischini

São Paulo

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Souza, Bruno Santos de

Aplicação da simulação como ferramenta de auxílio de decisão em uma indústria têxtil de grande porte / B.S. de Souza. -- São Paulo, 2010.

131 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Computadores (Simulação; Aplicações) 2. Indústria têxtil I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer aos meus pais Lourdes e Fernando por toda a educação, carinho, apoio e dedicação que me deram. Pessoas sem as quais eu não seria absolutamente nada. Também pela paciência que tiveram principalmente nesse último ano pela minha ausência devido à dedicação que tive que ter por esse trabalho. Também agradeço a minha tia Margarida e ao meu primo Renato, que foram fundamentais para que a minha trajetória na USP pudesse ter início.

Ao Renan, que ficará para sempre marcado em minha vida. Alguém com grande importância em minha vida para que eu conseguisse nesses últimos 2 anos encontrar forças para realizar as obrigações, encontrar motivação nos momentos difíceis e celebrar cada momento feliz e importante.

Ao professor Paulino, pela paciência que teve comigo ao longo do trabalho, pela confiança em mim durante o projeto. Também ao professor Miguel Santoro, pela ajuda imprescindível para a entrega deste trabalho.

Ao Geraldo, Alexandre, Giuliana e Karine, por tudo que aprendi e cresci no lado profissional e também pessoal. Foram mais do que companheiros de trabalho: são amigos que fiz durante os meses de estágio e que levarei para a vida toda. Além disso, a todos os colegas da TÊXTIL que me ajudaram tanto no escritório quanto na fábrica.

Aos “colegas” Osni e Cris, mais do que simples amigos, são os meus “pais” da Poli. Também a todas as pessoas do Xerox do CAEP pelos momentos divertidos que tivemos nesses anos de Produção.

Aos meus amigos, fonte de boas risadas e de grande apoio durante a minha vida e minha jornada pela faculdade e, especialmente a Érica, a Estela, o Dias, a Sahr e a Rê pela paciência de sempre me escutar quando precisava de um ombro amigo e por toda ajuda que me deram, principalmente nessa reta final com todos os obstáculos que encontrei pelo caminho.

E por fim, a Deus por tudo que vem proporcionando a minha vida, por cada dificuldade que coloca em meu caminho para eu superá-la e crescer pessoalmente e por cada momento bom que eu vivo.

Os nossos pais amam-nos porque somos seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos de sucesso, isso pode parecer irrelevante, mas nas ocasiões de fracasso, oferecem um consolo e uma segurança que não se encontram em qualquer outro lugar.

(Bertrand Russell)

RESUMO

Este trabalho aborda a análise dos impactos que o aumento de rendimento e, por conseguinte a redução no tempo de processamento que a etapa gargalo do processo pode gerar para o restante da linha de produção. Primeiramente é feita uma caracterização do cenário atual da empresa, tanto no ambiente situacional da indústria têxtil quanto nos problemas enfrentados atualmente devido ao aumento da demanda após a crise econômica de 2008. Após essa caracterização e a identificação do problema do não-atendimento dos pedidos comerciais, é identificada a tecelagem como restrição produtiva do sistema, e também é mostrada a queda de rendimento que houve no gargalo, bem como a tendência de recuperação do índice de rendimento, que será o foco do trabalho de simulação.

Foi desenvolvida uma metodologia para a execução do trabalho através da revisão da literatura, e com o uso da metodologia desenvolvida, o sistema produtivo foi mapeado através do Mapofluxograma. Além disso, os dados de movimentação e operação dos materiais foram coletados e, então foi elaborado o Gráfico do Fluxo do Processo. Concluído o mapeamento, a linha de produção da TÊXTIL foi modelada, validada e simulada no *software* Promodel.

A simulação foi realizada tanto da situação atual quanto da futura com o aumento do rendimento da tecelagem para os índices previstos pela empresa para o ano de 2011. Após o aumento do rendimento, verificou-se que o gargalo da empresa poderia ser transferido para a engomagem e então houve a simulação de um experimento de redução do tamanho do lote, concluindo-se que com a redução para 1,75 km do tamanho do rolo produzido pela tecelagem, haverá a minimização do risco de falta de *input* na tecelagem.

Palavras-Chave: Simulação, Aumento do Rendimento, Capacidade

ABSTRACT

This paper approaches the yield increase impact analysis and hence the processing time reduction that may be generated by the process bottleneck for the remainder of the assembly line. First of all, we conducted the initial process of detailing the company's current scenario, giving specific information about the environment of the textile industry and the problems faced nowadays due to the increase of demand ensuingly the late-2000s recession. After detailing the scenario and spotting the problem of the commercial not-attendance, the weaving is identified as a productive system restriction and the income drop is spot right in the bottleneck step. Subsequently, the recovery trend observed on the income index is also presented and this is the focus of the conducted work simulation.

Next, a methodology for executing the simulation work using the literature along was developed – applying it, the production system was mapped by Graph Map and the data handling. Plus, the data flow and operation of the materials was collected and a Flow Chart Diagram was drawn. Once concluded this mapping, the TÊXTIL's assembly line was modeled, validated and simulated employing the Promodel software.

Two work simulations were conducted: the first on the current situation and another on the future one. The last exhibits the weaving yield increase on the indexes forecasted by the company for 2011.

After the yield increase, we also concluded that the company's bottleneck could be transferred to the ironing part of the line. Finally, there was a simulation of an experiment of the batch-size, attaining that the reduction of the coil size to 1.75 kilometers would minimize the risk of lacking of input at the weaving part of the line.

Keywords: Simulation, Yield Increase, Capacity Analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Volume de Vendas dos Últimos Dois Anos (elaborado pelo autor)	17
Figura 1.2: Gráfico do Atendimento Comercial (elaborado pelo autor)	17
Figura 1.3: Macro fluxograma do Processo de Produção (elaborado pelo autor)	18
Figura 1.4: Diagrama de Ishikawa para baixa produção da tecelagem (elaborado pelo autor)	21
Figura 1.5: Evolução do Rendimento na Tecelagem Alfa (elaborado pelo autor)	23
Figura 1.6: Gráfico do Rendimento da Tecelagem Alfa em 2009 (elaborado pelo autor)	24
Figura 1.7: Gráfico do Rendimento da Tecelagem Alfa em 2010 (elaborado pelo autor)	24
Figura 2.1: Método científico aplicado à simulação (extraído de CHWIF E MEDINA, 2007)	32
Figura 2.2: Comparativo da evolução dos custos com e sem aplicação da simulação (adaptado de HARRELL et al., 2000)	34
Figura 2.3: Relação entre sistema, modelo e simulador (adaptado de LAW e KELTON, 2000)	37
Figura 2.4: Metodologia para conduzir uma simulação proposta por Lobão e Porto (elaborado pelo autor)	40
Figura 2.5: Exemplo de Mapofluxograma (extraído de MIYAKE, 2009)	56
Figura 2.6: Símbolos Padronizados de um Fluxograma (Barnes, 1982)	57
Figura 3.1: Definição das Fases Participantes do Modelo (elaborado pelo autor)	61
Figura 3.2: Mapo-fluxograma do escopo do projeto (elaborado pelo autor)	65
Figura 3.3: Gráfico do Fluxo do Processo Produtivo (elaborado pelo autor)	70
Figura 3.4: Tela de Abertura do <i>Software</i> ProModel (extraído do <i>software</i> ProModel®)	71
Figura 3.5: <i>Locations</i> do modelo de simulação (extraído do <i>software</i> ProModel®)	72
Figura 3.6: Entidades do modelo de simulação (extraído do <i>software</i> ProModel®)	72
Figura 3.7: Processos da modelagem (extraído do <i>software</i> ProModel®)	73
Figura 3.8: Redes de Caminho do modelo de simulação (extraído do <i>software</i> ProModel®)	74
Figura 3.9: Interface Gráfica do Modelo no Promodel (extraído do <i>software</i> ProModel®)	76
Figura 3.10: Rolos enviados para Tatuí e para a tecelagem da fábrica (extraído do <i>software</i> ProModel®)	78
Figura 3.11: Utilização das máquinas (extraído do <i>software</i> ProModel®)	78

Figura 3.12: <i>Status</i> da linha de tingimento em função do tempo (extraído do <i>software ProModel®</i>)	80
Figura 3.13: Utilização das máquinas sem o período de <i>warm up</i> (extraído do <i>software ProModel®</i>)	80
Figura 3.14: Utilização das máquinas com o período de <i>warm up</i> (extraído do <i>software ProModel®</i>)	81
Figura 3.15: Utilização dos recursos de capacidade múltipla (extraído do <i>software ProModel®</i>)	82
Figura 3.16: Histograma da quantidade de rolos engomados no estoque (extraído do <i>software ProModel®</i>)	83
Figura 3.17: Quantidade de rolos produzidos pela tecelagem (extraído do <i>software ProModel®</i>)	83
Figura 4.1: Utilização das máquinas de capacidade unitária (extraído do <i>software ProModel®</i>)	87
Figura 4.2: Utilização das máquinas de capacidade múltipla (extraído do <i>software ProModel®</i>)	88
Figura 4.3: Produção de rolos pela tecelagem da fábrica (extraído do <i>software ProModel®</i>)	89
Figura 4.4: Histograma da quantidade de rolos engomados no estoque (extraído do <i>software ProModel®</i>)	89
Figura 4.5: Utilização das máquinas com o novo tamanho de lote (extraído do <i>software ProModel®</i>)	93
Figura 4.6: Utilização das máquinas de capacidade unitária com o novo tamanho de lote (extraído do <i>software ProModel®</i>)	93
Figura 4.7: Utilização das máquinas de capacidade múltipla com o novo tamanho de lote (extraído do <i>software ProModel®</i>)	94
Figura 4.8: Histograma da quantidade de rolos engomados no estoque com o novo tamanho de lote (extraído do <i>software ProModel®</i>)	95
Figura 4.9: Produção de rolos pela tecelagem da fábrica com o novo tamanho de lote (extraído do <i>software ProModel®</i>)	96
Figura 4.10: Rolos enviados para Tatuí e para a tecelagem da fábrica como novo tamanho de lote (extraído do <i>software ProModel®</i>)	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1: Capacidade Produtiva da Fábrica de Santa Bárbara (elaborado pelo autor)	19
Tabela 1-2: Capacidade Produtiva Real da Fábrica de Santa Bárbara (elaborado pelo autor).	20
Tabela 1-3: Rendimento da Tecelagem Alfa dos anos de 2009 e 2010 (elaborado pelo autor)	25
Tabela 2-1: Comparação das metodologias de simulação (elaborado pelo autor)	39
Tabela 3-1: Média, Desvio e Tamanho da Amostra necessária para as fases (elaborado pelo autor).....	68
Tabela 3-2: Modelos Criados até o Modelo Final (elaborado pelo autor)	75
Tabela 4-1: Tempos de Processamento das fases em função do tamanho do lote (elaborado pelo autor).....	91

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2. OBJETIVO DO TRABALHO	26
1.3. RELEVÂNCIA DO PROJETO.....	26
1.4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	27
1.4.1. O ESTÁGIO E O TRABALHO DE FORMATURA.....	29
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	30
2. REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1. SIMULAÇÃO.....	31
2.1.1. BENEFÍCIOS DA SIMULAÇÃO	32
2.1.2. JUSTIFICATIVA ECONÔMICA DA SIMULAÇÃO	33
2.1.3. DEFINIÇÕES.....	35
2.1.3.1. SISTEMA.....	35
2.1.3.2. MODELO	35
2.1.3.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	36
2.1.4. METODOLOGIAS DE SIMULAÇÃO	37
2.1.1. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	39
2.1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E DOS OBJETIVOS DO ESTUDO	41
2.1.2.1. IDENTIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES	41
2.1.2.2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO	42
2.1.2.3. NÍVEL DE DETALHAMENTO	42
2.1.3. ESBOÇO DO MODELO	42
2.1.4. COLETA DE DADOS	43
2.1.5. CONSTRUÇÃO DO MODELO	45
2.1.5.1. PARTIR DE MODELOS SIMPLES.....	46
2.1.5.2. FISCALIZAR O NÍVEL DE DETALHAMENTO.....	46

2.1.5.3.	DIVIDIR O MODELO.....	47
2.1.5.4.	VERIFICAR E CORRIGIR OS ERROS.....	47
2.1.6.	VALIDAÇÃO DO MODELO	48
2.1.6.1.	MUDANÇA DOS PARÂMETROS DE ENTRADA.....	49
2.1.6.2.	TURING TEST.....	49
2.1.6.3.	MODELAR JUNTAMENTE COM O USUÁRIO.....	50
2.1.7.	PLANEJAMENTO DOS EXPERIMENTOS.....	50
2.1.8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SIMULAÇÃO	52
2.2.	MAPEAMENTO DE PROCESSOS.....	52
2.2.1.	DEFINIÇÃO	53
2.2.2.	IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS	54
2.2.3.	EXECUÇÃO DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS	55
2.2.1.	MAPOFLUXOGRAMA	56
2.2.2.	FLUXOGRAMA.....	57
2.3.	CAPACIDADE	58
2.3.1.	RECURSO LIMITANTE	59
2.3.2.	GARGALO	60
3.	ESTRUTURAÇÃO DA SIMULAÇÃO ATRAVÉS DA MODELAGEM DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ATUAL	61
3.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	61
3.2.	DEFINIÇÃO DO SISTEMA ESTUDADO	61
3.2.1.	SIMPLIFICAÇÕES DO MODELO.....	62
3.2.2.	RESTRIÇÕES DE ANÁLISE DO MODELO.....	63
3.3.	ESBOÇO DO PROBLEMA	63
3.3.1.	ATIVIDADES E O MAPOFLUXOGRAMA	64
3.3.2.	FLUXO GERAL.....	64
3.3.2.1.	TEMPOS E O MAPA DO PROCESSO.....	66
3.3.2.2.	COLETA DE DADOS.....	67
3.4.	CONSTRUÇÃO DO MODELO	71

3.5. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	75
3.5.1. DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE WARM-UP	79
3.6. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	81
3.7. ANÁLISE DO CAPÍTULO	84
4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA PRODUÇÃO APÓS O AUMENTO DO RENDIMENTO NA TECELAGEM.....	85
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	85
4.2. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO.....	85
4.3. REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	85
4.3.1. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	86
4.3.2. ALTERNATIVAS PARA O PROBLEMA DA ENGOMADEIRA	90
4.3.2.1. ESCOLHA DA MELHOR ALTERNATIVA	92
4.4. ANÁLISE DO CAPÍTULO	97
5. CONCLUSÃO	99
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	99
5.2. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS.....	99
5.3. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	100
5.4. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXO 1 – PROGRAMAÇÃO DA MODELAGEM NO SOFTWARE..	107

1. INTRODUÇÃO

A globalização exige das empresas a busca constante da melhoria dos sistemas de produção. No cenário atual, as empresas necessitam não só manter a fatia do mercado que possuem, mas buscar continuamente a ampliação do *market share* (FERREIRA, MOURA & RIBEIRO, 2003).

Para vencer a concorrência, é necessário ter o foco no cliente, que quer ter suas necessidades e exigências atendidas. Por isso, respostas rápidas para flexibilizar o sistema de manufatura se tornou um pré-requisito para a sobrevivência das empresas. Para SAAD (2003) o cenário internacional tem exigido das empresas mudanças no seu sistema de produção as quais, muitas vezes, levam alguns meses até serem implementadas, tempo o qual o cliente não está disposto a esperar e a concorrência já poderá estar pronta para dar a resposta. Desta forma as empresas necessitam retirar o máximo rendimento possível de todos os seus recursos bem como realizar novos investimentos que podem afetar diretamente o desempenho e conseqüentemente a competitividade da empresas.

Geralmente quando se trabalha na análise de novos investimentos e seus recursos, surgem questões como se será necessário alterar o *layout* desta linha, quanto de mão de obra contratar, qual a melhor forma de movimentar e armazenar os materiais, a fim de se obter a melhor produtividade, flexibilidade e qualidade da linha com o menor recurso possível.

Respostas para estas perguntas podem ser dadas através de análises realizadas sobre crenças e idéias de uma pessoa ou de um grupo; através de modelos matemáticos estáticos que não consideram as características dinâmicas do sistema, levando muitas vezes ao erro; ou, através de modelos de simulação computacional dinâmico, onde são consideradas as aleatoriedades e interdependências das variáveis do sistema, aumentando assim a capacidade de previsão do comportamento do sistema real e diminuindo a margem de erro. (PIDD, 1998).

A simulação computacional vem se mostrando uma ferramenta com grande potencial de apoio a tomada de decisão, conforme os autores SAAD (2003), HARRELL *et al.* (2000), MIYAKE e SAKURADA (2009) argumentam. A aplicabilidade em diversas áreas dos setores de serviços, de manufatura ou até mesmo militar só aumenta a justificativa das empresas em adotarem a simulação como ferramenta de promoção de entendimento de sistemas, a fim de gerar conclusões de problemas atuais e abalizamento de decisões futuras.

De acordo com CHWIF e MEDINA (2007), o modelo de simulação consegue capturar com boa adaptação as características de natureza dinâmica e aleatória de um sistema real, procurando repetir em um computador o mesmo comportamento que o sistema apresentaria quando submetido às mesmas condições de contorno. O modelo de simulação é utilizado, particularmente, como uma ferramenta para se obter respostas a sentenças do tipo: “o que ocorre se...”.

Assim, segundo PIDD (1998), para sistemas dinâmicos, complexos e componentes interativos, como os de manufatura, a simulação computacional é uma ferramenta bastante adequada, e por isso a análise de sistemas complexos se torna possível através da modelagem de um sistema.

A técnica de simulação computacional é usualmente adotada como ferramenta de avaliação do desempenho de um sistema ou para projeções futuras, caso ainda não exista em termos reais, possibilitando a obtenção de forma bastante precisa do comportamento do sistema.

A simulação corretamente aplicada permite prever o comportamento de qualquer processo e avaliar distintas alternativas de decisão, com um risco mínimo e em um tempo relativamente pequeno, de tal forma que se transforma em uma valiosa ferramenta de suporte para a tomada de decisões.

Diante deste panorama, surge a necessidade de explorar o potencial de aplicação da técnica de simulação numa empresa de grande porte, promovendo uma discussão do processo de modelagem em que são definidos os elementos de um sistema e os impactos de um projeto que altera a capacidade da linha de produção.

1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A região em que a fábrica está localizada é considerada o maior pólo têxtil da América Latina, de modo que a empresa sofre extrema pressão da concorrência na busca de produtos diferenciados a um preço baixo.

A empresa se utiliza de dados históricos e da experiência de especialistas para calcular as previsões. Apesar de serem dados confiáveis as análises são feitas de forma estática, impossibilitando a visualização dinâmica destas previsões bem como a interação entre as

variáveis. Além disso, a falta de recursos computacionais torna muito complexa e demorada a análise de diferentes cenários e suas respostas ótimas.

Atualmente, o mercado têxtil está muito aquecido, de forma que a empresa está recusando novos pedidos porque atua no limite da capacidade. É possível perceber o aumento no volume de vendas da planta de Santa Bárbara D'Oeste através da **Figura 1.1**¹. Além disso, a **Figura 1.2** mostra que, mesmo atuando no limite da capacidade, a empresa está com índices de atendimento comercial abaixo tanto da meta quanto do desempenho que atingia ano passado.

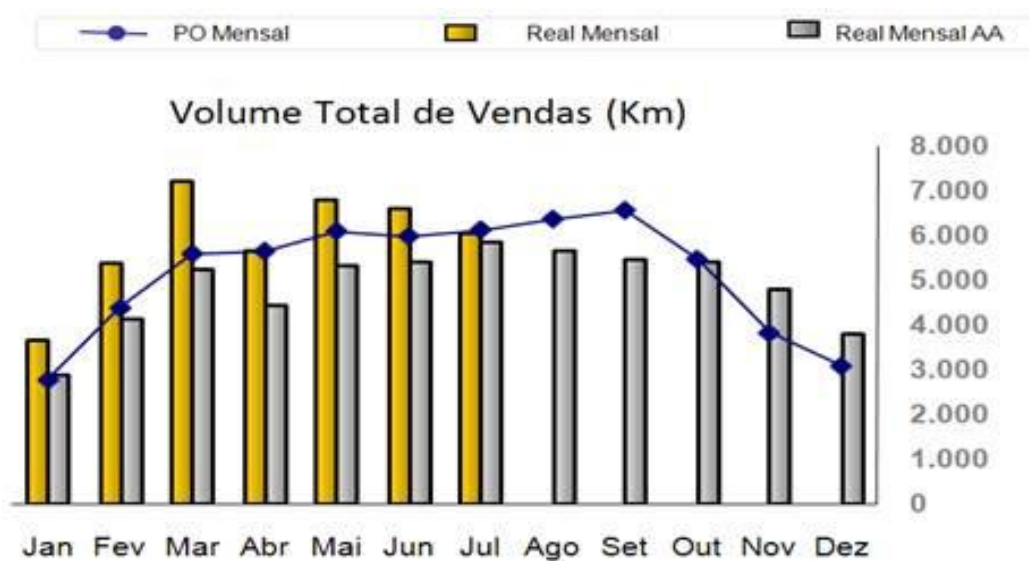


Figura 1.1: Volume de Vendas dos Últimos Dois Anos (elaborado pelo autor)

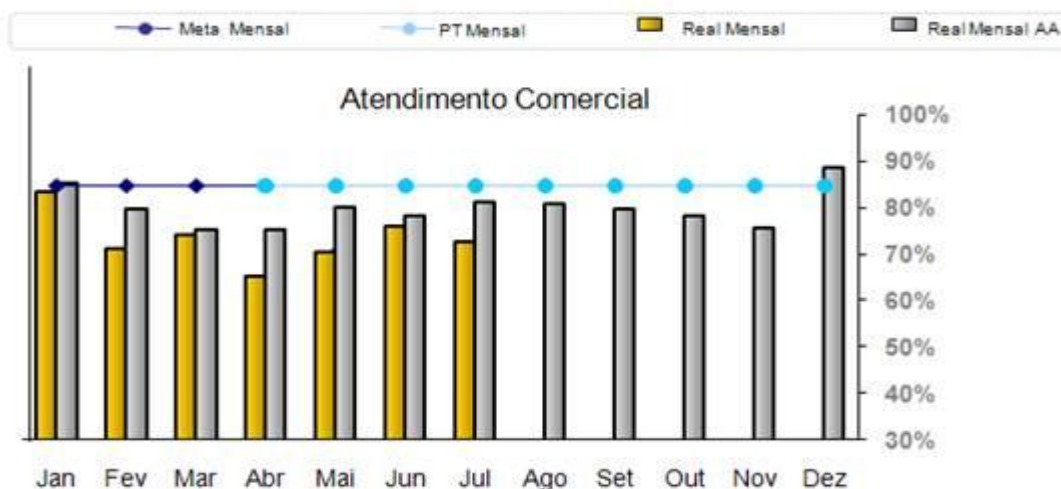


Figura 1.2: Gráfico do Atendimento Comercial (elaborado pelo autor)

¹ Por motivos de confidencialidade, todos os dados apresentados neste trabalho foram multiplicados por uma constante, a fim de se manter a estruturação do problema

A **Figura 1.2** mostra que a empresa não está atendendo comercialmente os pedidos dos clientes. Este dado pode ter duas causas principais: a empresa se comprometeu a vender mais que a capacidade produtiva ou a fábrica não está conseguindo produzir a sua capacidade. A primeira hipótese, em reunião com os responsáveis pela determinação do volume de vendas da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste, foi descartada. Logo, sobra apenas a hipótese principal de problemas de produção.

Deve-se, primeiramente, determinar as fases do processo fabril para que seja possível verificar o número de máquinas e a capacidade de produção de cada uma delas. Com esses dados, será possível identificar a fase que limita a produção da planta. A **Figura 1.3** mostra o macro-fluxograma do processo de produção de tecido da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste.

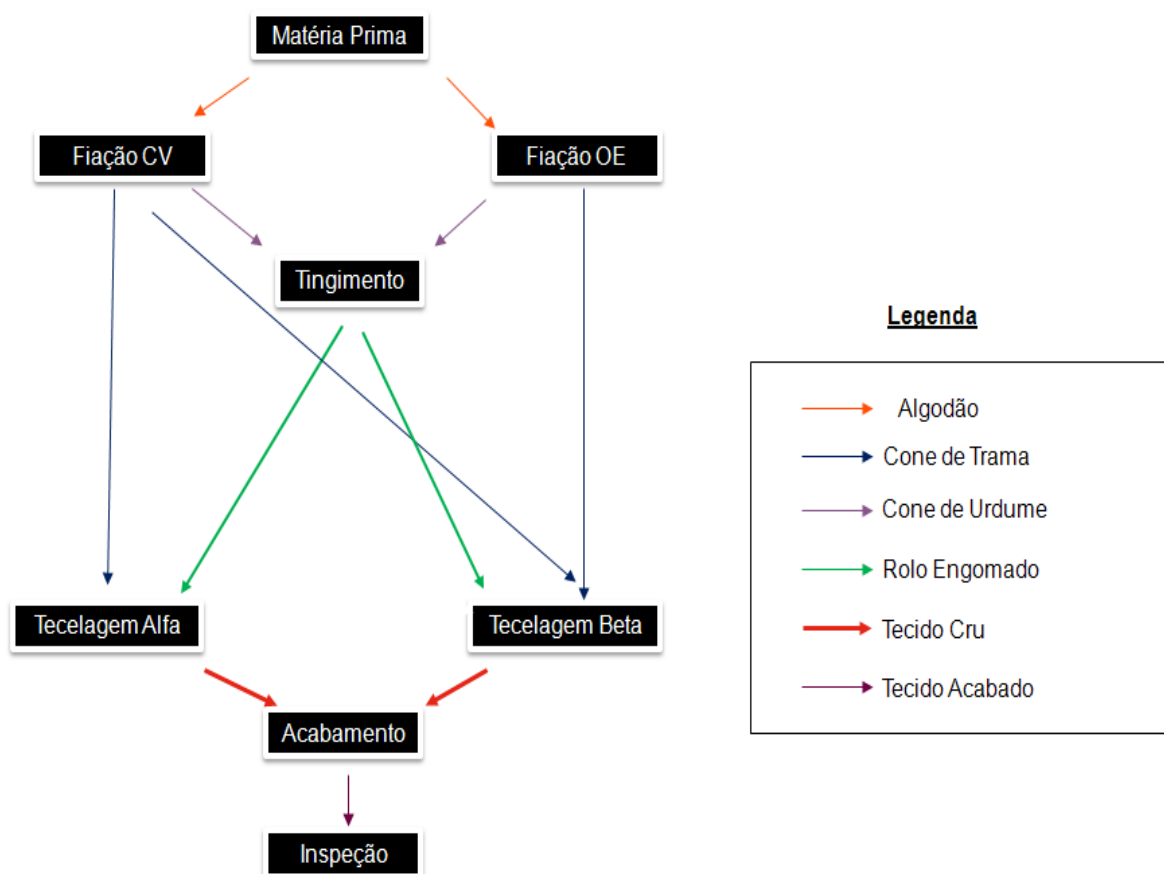


Figura 1.3: Macro fluxograma do Processo de Produção (elaborado pelo autor)

É possível notar que as fases produtivas são: Fiação Convencional, Fiação Open-End, Tingimento, Engomadeira, Tecelagem Alfa, Tecelagem Beta, Acabamento e Inspeção. Como

a simulação será realizada apenas na “parte alfa” da fábrica (como será detalhado no item 3.2), a fiação não será dividida de acordo com o tipo de fio produzido, mas sim de acordo com a localização das máquinas.

A complexidade de produção de cada tipo de produto é semelhante para cada fase. Para a produção de um tecido considerado leve (ou seja, fios com títulos elevados), deve-se operar com velocidade reduzida, para evitar rupturas. Já para produzir um tecido grosso, pode-se acelerar o ritmo das máquinas. Percebe-se por essas características que não há diferença significativa do tempo de produção por fase. Deste modo, para se determinar o gargalo da fábrica é possível fazer a simplificação e considerar como se a fábrica só produzisse um tipo de produto.

Há de se observar também que em cada centímetro de tecido são necessários 17 fios para que o tecido possa ser feito, ou seja, a cada metro de tecido produzido foram gastos 17 metros de fio. Considerando que a largura do tecido produzido é 1,6 metros, conclui-se que para cada metro de tecido produzido são utilizados 44,2 metros de fio. Essa conta se faz necessária para conseguir igualar as entradas e saídas de cada fase.

Como já foi dito na “Nota de Rodapé 1”, a empresa solicitou confidencialidade dos dados. Nesta parte, essa solicitação impactará que não serão divulgadas as quantidades de máquinas por fase, mas somente a capacidade produtiva total, conforme mostrado na **Tabela 1.1**.

Tabela 1-1: Capacidade Produtiva da Fábrica de Santa Bárbara (elaborado pelo autor)

	t/mês	km/mês	km/mês corrigido
Fiação Alfa	1800	110000	2500
Fiação Beta	1830	150000	3400
Total Fiação			5900
Tingimento		6000	
Tecelagem Alfa		2350	
Tecelagem Beta		2700	
Total Tecelagem			5050
Acabamento + Inspeção		4500	

Há de se observar que a fábrica de Tatuí tem capacidade para fazer o acabamento de aproximadamente 4500 km por mês. Por causa disso, quase 2500 km são enviados da fábrica

de Santa Bárbara D'Oeste para a fábrica de Tatuí, de modo que, apesar do acabamento ter capacidade produtiva teórica de 4500 km, a “capacidade real” da Têxtil Corporation é de 7000 km. Deste modo, a restrição produtiva acaba se tornando a tecelagem, conforme mostrado na **Tabela 1.2**.

Tabela 1-2: Capacidade Produtiva Real da Fábrica de Santa Bárbara (elaborado pelo autor)

	t/mês	km/mês	km/mês corrigido
Fiação Alfa	1800	110000	2500
Fiação Beta	1830	150000	3400
Total Fiação			5900
Tingimento		6000	
Tecelagem Alfa		2350	
Tecelagem Beta		2700	
Total Tecelagem			5050
Acabamento + Inspeção		7000	

Identificada a restrição produtiva, devem-se levantar as principais causas que levaram a produzir o efeito, ou seja, o menor volume de produção que não conseguiram assim cumprir as metas de atendimento. O diagrama para as possíveis causas pela baixa produção da tecelagem pode ser visto na **Figura 1.4**.

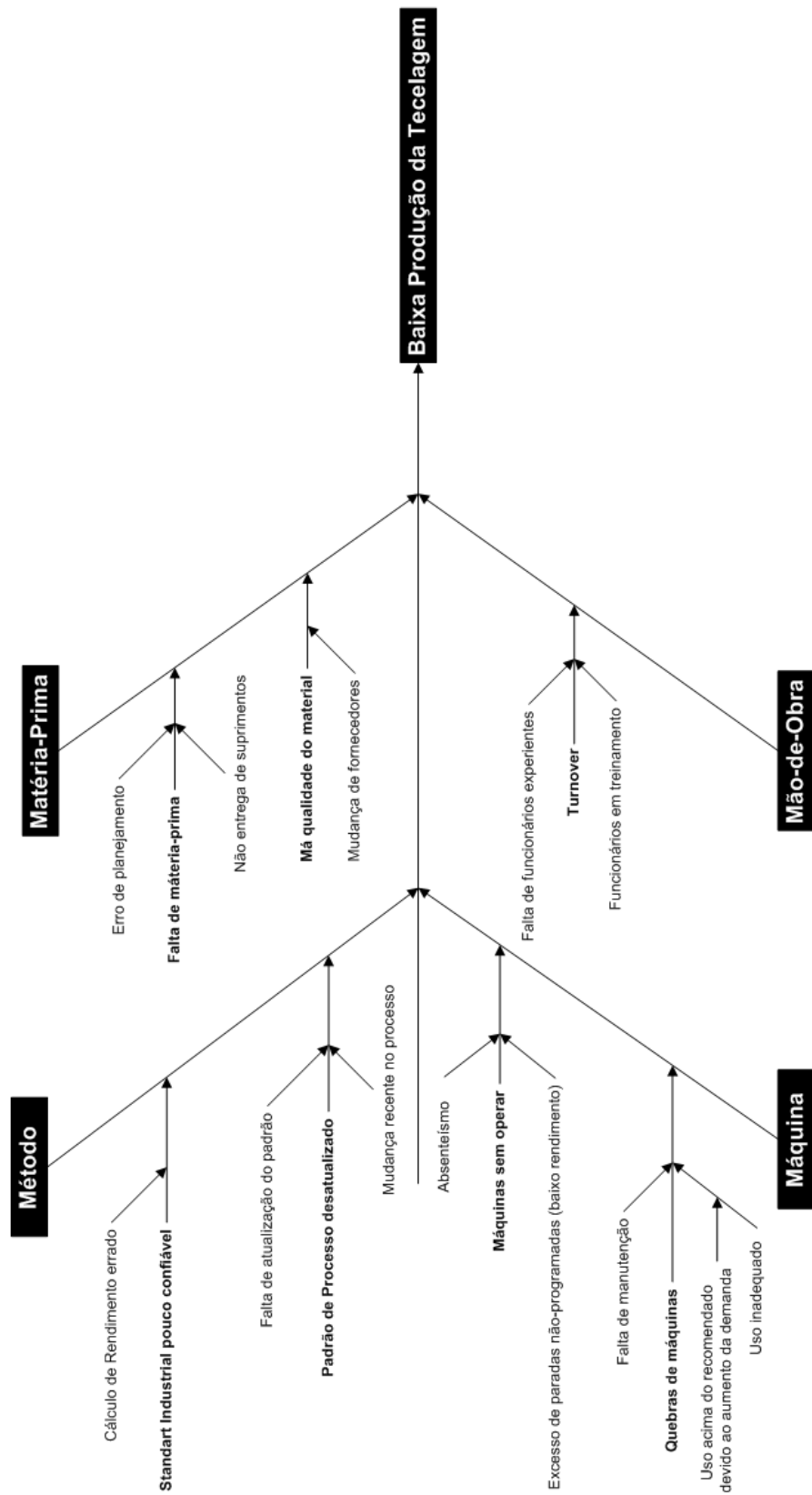


Figura 1.4: Diagrama de Ishikawa para baixa produção da tecelagem (elaborado pelo autor)

Foram apontadas como possíveis causas:

- A documentação utilizada que pode estar desatualizada (POP – Padrão de Processo, que consta no modo como o operador deve proceder para realizar a tarefa bem feita – e também o SI – *Standard Industrial*, que tem informações sobre os títulos dos fios que devem ser utilizados e também contém informações do rendimento teórico do equipamento através de estudos do número e tempo das paradas ocorridas), o que gera processos errados e com isso mais produtos fora das especificações;

- Falta dos funcionários, bem como a rotatividade dos mesmos, que gera operadores inexperientes e que necessitam ser treinados antes de iniciarem o trabalho no chão de fábrica, o que diminui a disponibilidade de mão-de-obra;

- Falta de matéria-prima, ou seja, fios para serem utilizados na tecelagem, ocasionando perda de tempo disponível. Para a falta de matéria-prima, apontou-se tanto a falha no planejamento de compras quanto a não-entrega por parte dos fornecedores;

- Quebra de máquinas, seja por manutenção quanto pelo uso inadequado (que também pode ser consequência do *turnover*).

- Baixo rendimento de operação, o que diminui o tempo disponível de produção.

Após o primeiro *brainstorming*, elegeu-se agora em uma reunião com o Gerente da Engenharia de Produção da planta a principal causa para a queda de produção na restrição produtiva. Constatou-se através dos dados controlados pela empresa que não houve paradas por falta de material nos teares, tampouco por falta de funcionários. Além disso, todos os documentos padronizados foram atualizados recentemente, de modo que tanto as causas para o método quanto para as medidas não podem ser consideradas como responsáveis pelo mau funcionamento da tecelagem. Na atualização dos documentos também foi revista e revalidada a programação de manutenção.

Das possibilidades ainda não descartadas, a causa eleita foi o baixo rendimento, que sofreu uma queda acentuada nos últimos meses, e até por conta disso a empresa já direcionou os esforços para a recuperação da empresa, conforme pode ser visto nas **Figuras 1.5, Figura 1.6 e Figura 1.7**.

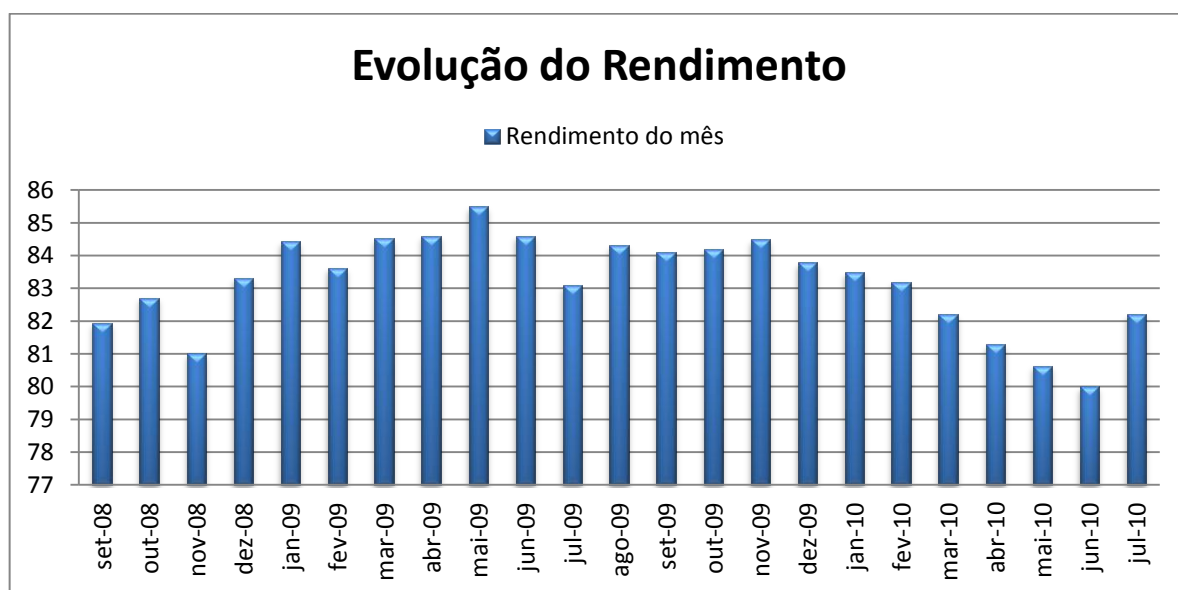


Figura 1.5: Evolução do Rendimento na Tecelagem Alfa (elaborado pelo autor)

Vale ressaltar que o rendimento indicado é a relação entre a produção real e a produção máxima (100%), para um dado período e quantidade de máquinas instaladas. Nesse cálculo, não há a subtração de nenhuma máquina ou perdas para a definição da capacidade máxima de produção. O cálculo deste rendimento para uma máquina segue a seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Produção Real}}{\text{Produção 100\% instalada}} \times 100$$

onde:

- produção 100% instalada = produção/MHM real x período horas, sendo que produção/MHM significa produção por máquina-hora-marcha.

O cálculo do valor médio do rendimento para um grupo de máquinas, por produto ou geral da linha de produção será:

$$\text{Rendimento Total} = \frac{\sum \text{Produção Real}}{\sum \text{Produção 100\% instalada}} \times 100$$

onde:

- $\sum$ significa o somatório dos valores de cada máquina

Projetos para o aumento do rendimento são realizados constantemente nos “Projetos PDCA”. Estes projetos visam buscar causas para os problemas mais relevantes determinados no Plano de Ação da empresa e, a partir da metodologia solucionar o problema atacando a causa mais relevante.

Devido à queda de rendimento da tecelagem no ano de 2010, alguns projetos PDCA estão em andamento na planta de Santa Bárbara D’Oeste da TÊXTIL, e os resultados iniciais já podem ser vistos, observando a tendência das **Figuras 1.6 e 1.7**.

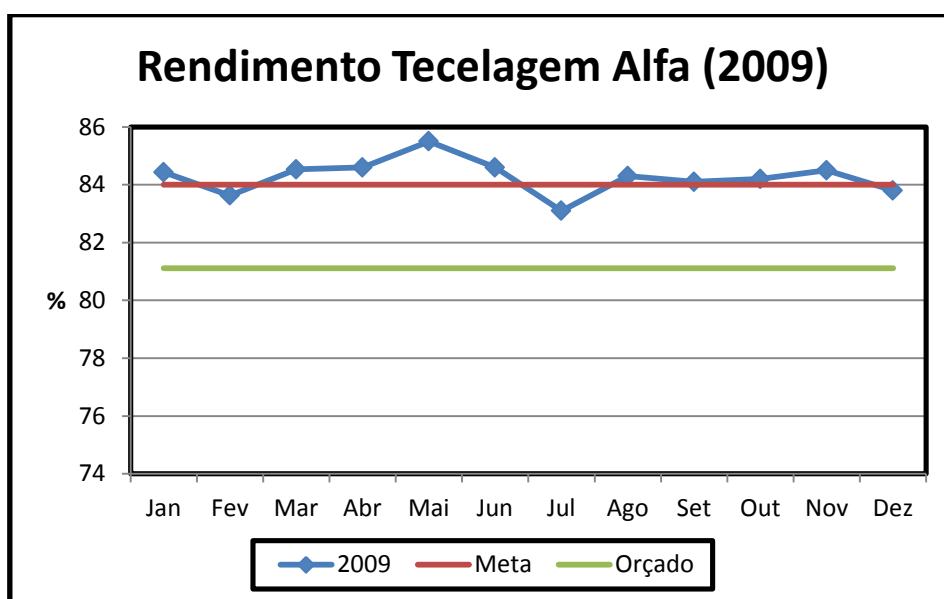


Figura 1.6: Gráfico do Rendimento da Tecelagem Alfa em 2009 (elaborado pelo autor)

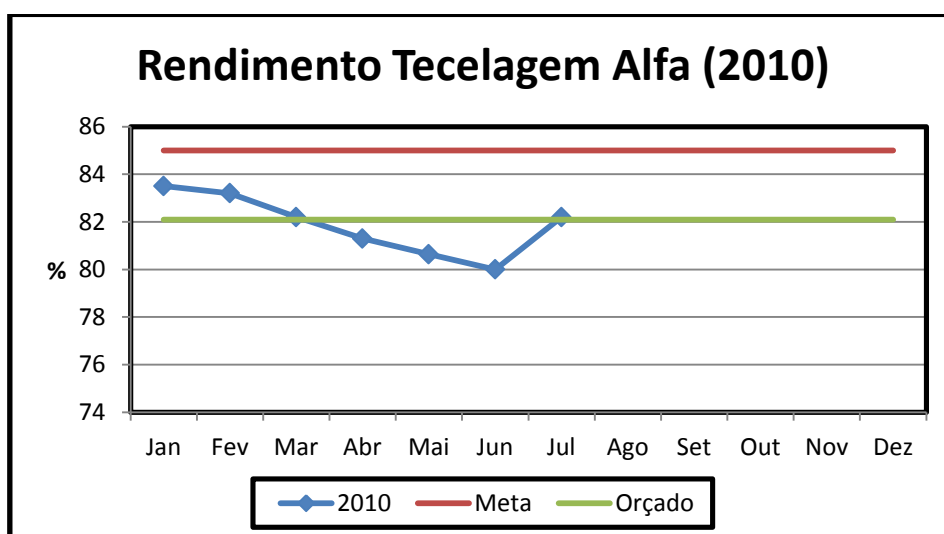


Figura 1.7: Gráfico do Rendimento da Tecelagem Alfa em 2010 (elaborado pelo autor)

É possível perceber que no ano de 2009, quando o mercado têxtil não estava tão aquecido quanto 2010, o rendimento da tecelagem havia superado a meta e atingido a marca dos 85%, valor que a Engenharia de Produção da planta tem trabalhado para atingir no final do ano de 2010, com todos os projetos de PDCA que vêm realizando. Esse valor superará a meta estabelecida para esse ano e igualará o valor do mês de janeiro, evitando assim que o ano de 2010 seja caracterizado por uma piora no quesito rendimento. Para o ano de 2011, baseando-se no Sistema de Gestão da empresa que engloba o fundamento da melhoria contínua, o rendimento da tecelagem atingirá 87%, caso as previsões dos projetos da Engenharia de Produção se concretizem.

Percebe-se, analisando a **Tabela 1.3**, que este valor não foi atingido nos últimos meses, e por isso, ainda não se tem a experiência real dos impactos que um rendimento desse na tecelagem pode causar na fábrica. Incertezas como surgimento de novos gargalos, falta de espaço para estoques intermediários, falta de mão-de-obra para operacionalizar as máquinas e transportar equipamentos pode fazer com que haja demora em ações de projetos futuros e o problema seja transferido para outra área, que se transforme em gargalo por causa do baixo rendimento. Pode ser também que não tenhamos *input* para a tecelagem, o que baixará o rendimento por falta de matéria-prima e não por problemas produtivos.

Tabela 1-3: Rendimento da Tecelagem Alfa dos anos de 2009 e 2010 (elaborado pelo autor)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Orç	Meta
2010	83,5	83,2	82,2	81,3	80,6	80,0	82,2						82,1	85,0
2009	84,4	83,6	84,5	84,6	85,5	84,6	83,1	84,3	84,1	84,2	84,5	83,8	81,1	84,0

Visando minimizar esses tipos de problemas futuros, a empresa deseja poder através da simulação visualizar futuros problemas com a alteração de variáveis, sem ter que gastar esforços em direções erradas e também sem ter que esperar esses problemas ocorrerem.

O desconhecimento de possíveis problemas pode comprometer todo o resultado da fábrica para o ano de 2011, já que a Engenharia de Produção terá que realizar projetos de ações corretivas para a linha de produção. Já se os possíveis problemas forem conhecidos previamente, há a possibilidade de ações preventivas, e desta forma, haverá maior possibilidade de cumprimento das metas para o próximo ano. A empresa busca, então, a minimização dos impactos que esse desconhecimento do futuro funcionamento da fábrica produzirá.

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho apresenta dois objetivos principais:

- Modelar no *software Promodel* o processo produtivo da TÊXTIL Corporation, utilizando-se de recursos como técnicas de mapeamento (Mapofluxograma e GFP) a fim de registrar, através de uma simbologia padronizada, o processo de fabricação do tecido denim.
- Apresentar uma simulação de aumento do rendimento na área da tecelagem, utilizando o *software* de simulação ProModel. Esta simulação mostrará os impactos produtivos que o aumento para 87% trará na fábrica inteira, em relação a estoques intermediários, movimentação e armazenagem de materiais e alteração do *layout* da fábrica, a fim de minimizar os impactos gerados por essa mudança e fazer com que a produção fabril possa acompanhar o maior ritmo da tecelagem.

O escopo deste trabalho é amplo e multidisciplinar, abordando questões como mapeamento do fluxo produtivo, simulação computacional, análise da capacidade da fábrica e identificação de gargalos.

1.3. RELEVÂNCIA DO PROJETO

As empresas do setor têxtil estão cada vez mais pressionadas pelo mercado aquecido atual, que mostrou uma grande recuperação após a crise econômica mundial de 2008. Com esta pressão as empresas estão se mobilizando e procurando racionalizar toda a sua cadeia produtiva, melhorando processos, implantando novos sistemas de gestão, reorganizando *layout*, reduzindo estoques e investindo em novos equipamentos. Estas mudanças requerem ferramentas de planejamento e gestão cada vez mais avançadas e sofisticadas, para suprir os gestores de informações confiáveis para a tomada de decisões.

Segundo PIDD (1998), a simulação computacional pode ajudar as pessoas a aceitar a irrealidade das suas expectativas iniciais sobre os resultados esperados, pois a maioria das pessoas não possui capacidade ou habilidade suficiente para visualizar o comportamento de sistemas complexos sem a ajuda da simulação.

Para SAAD, (2003), a simulação computacional em sistemas de manufatura é uma importante ferramenta de planejamento gerencial que poderá trazer grandes contribuições à empresa, tais como: análise de métodos, implantação de *layout*, análise do impacto na variação do tamanho de lote para fabricação, controle da produção, controle sobre o estoque em processo, planejamento do *supply chain*, programação da produção, controle da produção em tempo real, avaliação do impacto da introdução de um novo produto, previsão de gastos, criação de cenários e avaliação da eficácia dos planos de contingência. Ainda segundo o mesmo autor, a simulação poderá ser usada como ferramenta de planejamento com diferentes focos ao longo do tempo, ou seja, desde o controle da célula no seu dia a dia até o planejamento a longo prazo prevendo mudanças inclusive de tecnologias.

Tendo em vista todos os argumentos dos autores, podemos concluir que a empresa poderá, através da modelagem do processo produtivo, ter uma ampla visão do que ocorre no chão de fábrica, permitindo assim um maior *know how* na hora de decidir sobre novos projetos para a empresa. O processo produtivo modelado permitirá que problemas que possam ocorrer no futuro através de mudanças de parâmetros sejam previstos com antecedência e com isso as escolhas de novos projetos sejam mais eficazes, já que os investimentos para novos projetos são limitados. Deste modo, uma escolha equivocada de um projeto pode fazer com que a empresa não atinja as metas esperadas, ou até pior, que perca desempenho produtivo.

Além disso, o tempo de resposta a decisões poderá ser diminuído drasticamente com a modelagem do processo. Neste trabalho, a simulação mostrará para os gerentes e diretores da empresa um modelo da fábrica em funcionamento e todos os impactos que o aumento do rendimento na restrição produtiva da fábrica trará para o processo produtivo.

1.4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa selecionada para a realização deste Trabalho de Formatura foi a TÊXTIL CORPORATION². A TÊXTIL CORPORATION é a união entre a TÊXTIL ESP (Espanha, 1846) e a TÊXTIL BR (Brasil, 1929) em 2006. Duas empresas com uma trajetória consolidada de mais de 150 anos na produção de tecido denim, flat e workwear. Em março de 2006, os acionistas controladores da TÊXTIL BR, com sede no Brasil, e a TÊXTIL ESP, com

² Por motivos de sigilo empresarial, será adotado um nome fantasia para a empresa

sede na Espanha, assinaram um protocolo de acordo para fundir as duas empresas, criando a líder mundial em Denim, com capacidade para produzir 150 milhões de metros/ano desses tecidos, e receita superior a US\$ 500 milhões anuais. A fusão foi concretizada em junho de 2006.

A empresa é a fornecedora das principais marcas internacionais, que movimenta mais de 388 milhões de euros, sendo líder mundial na produção de tecido denim, com um market share de 11% do mercado mundial e de 45% de tecido workwear na América Latina, comercializando em mais de 50 países.

Com sua sede localizada em Madrid (Espanha), a TÊXTIL CORPORATION é uma empresa em expansão, buscando adentrar novos mercados, como o norte-americano, bem como se consolidar em mercados no qual ela já está presente, como os mercados europeu e sul-americano. Sendo assim, a empresa atualmente é dividida em três regiões (América do Sul, América do Norte e Europa).

A TÊXTIL CORPORATION emprega 6000 funcionários, que estão nas 11 fábricas localizadas em 6 países (Brasil, Argentina, Chile, México, Espanha e Marrocos), e nos 5 escritórios administrativos além do escritório comercial nos Estados Unidos.

Com a fusão, a estratégia da empresa voltou-se para os produtos diferenciados do mercado denim. O objetivo da empresa é ser conhecida como líder global em inovação de denim. Antes da fusão a divisão América do Sul atuava no segmento de tecidos básicos enquanto que a divisão Europa já tinha experiência no segmento diferenciado, detendo uma marca reconhecida e valorizada nesse mercado.

A TÊXTIL CORPORATION atua em dois segmentos do setor têxtil: Jeanswear (mercado de roupas da moda) e Workwear (mercado de roupas profissionais, ou seja, uniformes de trabalho de todos os segmentos, incluindo Workfashion). É a maior exportadora de tecidos Denim da América do Sul, tendo como principais mercados os países da América do Sul, os Estados Unidos e a Europa. Também é a maior exportadora de têxteis do Chile.

A linha Denim (tecido popularmente conhecido como jeans) é a principal linha de produtos da TÊXTIL CORPORATION desenvolvendo produtos que buscam atender à moda internacional. Tal linha de produtos está bastante alinhada à estratégia inovadora atualmente adotada pela TÊXTIL CORPORATION, sendo produtos com bastante valor agregado e altas margens de lucro. A maior parte dos clientes da empresa em tal linha de produtos é composta por pequenos e grandes confeccionistas de roupas, nacionais e internacionais. Essa linha

corresponde, atualmente, a cerca de 60% do faturamento global da TÊXTIL CORPORATION e é a única linha produzida na fábrica de Santa Bárbara D'Oeste,

1.4.1. O ESTÁGIO E O TRABALHO DE FORMATURA

O estágio foi realizado no setor da Gerência de Gestão Corporativa (GGC) que é a responsável pelo Sistema de Gestão Integrado (Qualidade, Ambiental e de Segurança e Saúde Ocupacional) da TÊXTIL CORPORATION. Esta gerência tem uma atuação sobre todas as áreas da companhia, permitindo ao estagiário ter tido durante o estágio uma boa visão do funcionamento da empresa.

Sua principal função é implantar e aperfeiçoar continuamente o Sistema de Gestão Integrado (Qualidade, Ambiental e de Saúde e Segurança Ocupacional), oferecendo assessoria e suporte técnico às outras áreas nas atividades da Gestão da Qualidade Total definindo diretrizes para execução e desdobramento destas atividades ao longo de toda a organização.

Dentro da GGC, o estágio realizou-se com o principal objetivo buscar e implantar novas técnicas de gestão que proporcionem aumento da competitividade da companhia. Dentre os principais projetos destacam-se:

- Análise dos Indicadores de Desempenho Chave (KPI's), e a busca pela uniformização dos critérios adotados para a consolidação dos dados;
- Manutenção e melhoria do Sistema de Padronização, que devido à fusão recente ainda não apresenta uniformidade entre os países e entre regiões.
- Desenvolvimento da Sustentabilidade na empresa, através da análise dos Indicadores de Sustentabilidade e no levantamento de práticas desse tema que a empresa já realizou, está praticando ou que pretende desenvolver.

No início do programa de estágio houve a oportunidade de conhecer os processos produtivos em uma fábrica da empresa localizada no Estado de São Paulo, sendo que o Trabalho de Formatura será aplicado nessa fábrica, localizada na cidade de Santa Barbara D'Oeste.

Devido ao fato do estágio não ter envolvido diretamente o processo produtivo, uma das motivações da escolha deste trabalho foi ampliar a visão da empresa para a parte fabril,

sem deixar de aplicar os conhecimentos adquiridos tanto no ambiente acadêmico quanto no ambiente do estágio.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação descreverá a aplicação da simulação computacional no auxílio do gerenciamento à movimentação e armazenagem de materiais e no planejamento do *layout* e dos recursos a serem utilizados no aumento do rendimento de uma área da linha de manufatura, comparando possíveis alternativas para lidar com esse aumento de rendimento e propondo a melhor solução para o caso.

O trabalho está dividido em capítulos, em que:

- Capítulo 2: Revisão Bibliográfica – este capítulo tem como objetivo proporcionar o suporte teórico para a realização do Estudo de Caso, desde a formulação até os critérios de análise e escolha da melhor alternativa.
- Capítulo 3: Estruturação da Simulação através da Modelagem do Sistema de Produção Atual – este capítulo tem como objetivo realizar a parametrização do sistema de produção que é encontrado atualmente na TÊXTIL, em relação aos dados de produção, *layout*, rendimento e capacidade. Após a modelagem no *software*, será realizada a simulação da atual situação para posterior análise com as alternativas de melhoria propostas no capítulo 4.
- Capítulo 4: Avaliação dos Impactos na Produção após o Aumento do Rendimento na Tecelagem: este capítulo tem como objetivo mostrar os cenários com o aumento no rendimento da fase produtiva tanto com o modelo atual da empresa, bem como com propostas de melhorias após a avaliação da situação futura.
- Capítulo 5: Conclusão – este capítulo mostrará as conclusões do estudo realizado, com a relevância do estudo e as vantagens que este trabalho trouxe para a empresa. Também trará as oportunidades de projetos futuros a partir deste trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SIMULAÇÃO

Segundo HARRELL *et al.* (2000), simulação é a imitação de um sistema real modelado em computador para avaliação e melhoria do seu desempenho. Ainda segundo esses autores, a simulação envolve a criação de uma história artificial da realidade e com base nela são realizadas observações e inferências nas características de operação do sistema real representado.

O processo de simulação segue o método científico, ou seja, formula as hipóteses, prepara o experimento, testa as hipóteses através do experimento e valida as hipóteses através dos resultados obtidos. A simulação não é uma ferramenta que substitui o trabalho de interpretação humana, mas sim uma ferramenta capaz de fornecer resultados para análises mais elaboradas a respeito da dinâmica do sistema, permitindo desta maneira uma interpretação mais profunda e abrangente do sistema estudado.

O processo de simulação segue o método científico, ou seja, formula as hipóteses, prepara o experimento, testa as hipóteses através do experimento e valida as hipóteses através dos resultados obtidos. Este processo, sugerido por CHWIF E MEDINA (2007), na simulação é mostrado na **Figura 3.1**.

São diversas as áreas de aplicação da simulação. HARRELL *et al.* (2000), MIYAKE e SAKURADA (2009) destacam os sistemas computacionais e de telecomunicações, serviços, fabricação, negócios, logística, militar, treinamento, científica, econômica e serviços.

Segundo BANKS (2000), antes da implantação direta de qualquer mudança no sistema produtivo, o mapeamento do processo, a análise dos dados e a simulação computacional podem reduzir com sucesso o risco da ineficácia de uma operação de reprojeto no mundo real.



Figura 2.1: Método científico aplicado à simulação (extraído de CHWIF E MEDINA, 2007)

2.1.1. BENEFÍCIOS DA SIMULAÇÃO

A simulação de sistemas consiste no processo de se construir um modelo lógico-matemático de um sistema real e de experimentá-lo, normalmente com auxílio de um computador, o que permite obter conclusões sobre sistemas sem construí-los, se forem novos, e sem perturbá-los, se existentes. No âmbito da produção, a simulação é aplicada no projeto e análise de sistemas de movimentação de materiais, de linhas de fabricação e montagem, de sistemas de armazenagem automatizados, etc. Nesses casos, a simulação permite avaliar sistemas de produção complexos pela análise da interação entre seus componentes.

Particularmente em sistemas de produção automatizados, a simulação concentra-se em avaliar como a interação entre recursos (máquinas, equipamentos e pessoal) afeta o desempenho global do sistema (SAAD, 2003). Para PIDD (1998), o benefício geral de se aplicar a simulação à produção é que ela permite ao engenheiro ou gerente obter uma visão sistêmica do efeito que alterações locais terão sobre o desempenho global do sistema de produção. “Se uma mudança ocorre numa estação em particular, o impacto em seu

desempenho é previsível. Por outro lado, pode ser difícil, senão impossível, determinar antecipadamente o impacto dessa mudança no desempenho do sistema”.

Além disso, diversos benefícios particulares decorrem da aplicação da Simulação ao projeto e avaliação de sistemas de produção, tais como maior utilização de recursos necessários, redução de estoque em processo, maior velocidade e confiabilidade de entrega, menor necessidade de capital, menores custos operacionais, maior compreensão do sistema em razão da coleta de dados requerida pela Simulação e melhor reflexão sobre determinados aspectos do sistema de produção graças à construção do modelo. LAW & KELTON (2000) também identificam três categorias gerais de problemas em produção que podem ser solucionados com auxílio da Simulação:

a) *dimensionamento de recursos físicos e mão-de-obra*, considerando sistemas de movimentação de materiais, “pulmões” de estoque e *mix* de produção.

b) *avaliação do sistema*: determinação da capacidade de produção e do tempo de fluxo e identificação de gargalos.

c) *avaliação de decisões operacionais*: níveis de estoque, programas de produção, níveis de controle de sistemas automatizados, confiabilidade de atividades de manutenção e de controle de qualidade.

2.1.2. JUSTIFICATIVA ECONÔMICA DA SIMULAÇÃO

Conforme HARREL *et al.* (2000) ao utilizar qualquer *software* os custos envolvidos devem ser considerados. Da mesma forma no uso da simulação se deve considerar o custo benefício da aplicação. Com o envolvimento do custo inicial de implantação para um sistema de simulação (*software*, *hardware* e mão-de-obra), frequentemente a aplicação da simulação é prejudicada, porque não é avaliado corretamente o benefício que a simulação trará ao negócio com a economia de gastos e tempo para implantação do projeto em estudo pela empresa.

Segundo SAAD (2003), o maior motivo para se criar um modelo de simulação ou utilizar qualquer outro método de modelagem é que esta é a forma de menor custo para se obter importantes resultados, quando os custos, os riscos ou a logística de manipulação do sistema real é proibitiva. Os principais ganhos com a simulação são obtidos com a

identificação e eliminação de problemas e ineficiências, chegando até a verificação da inviabilidade do projeto, antes da implantação.

SAAD ainda destaca que os custos estimados com o uso da simulação em um projeto situam-se entre 1 a 3% do custo total do mesmo. Uma das dificuldades da justificativa econômica da simulação é o fato de geralmente não se conseguir avaliar qual será a economia total gerada no projeto, conseguindo-se este valor somente após a sua conclusão.

Durante o seu desenvolvimento um projeto ou sistema passa por diferentes fases com características distintas entre si, ou seja, cada qual com o seu tempo e custo. Quando a simulação é aplicada no desenvolvimento do projeto ou sistema, a relação entre o custo e as fases do projeto é alterada, como é mostrado na **Figura 2.2**.

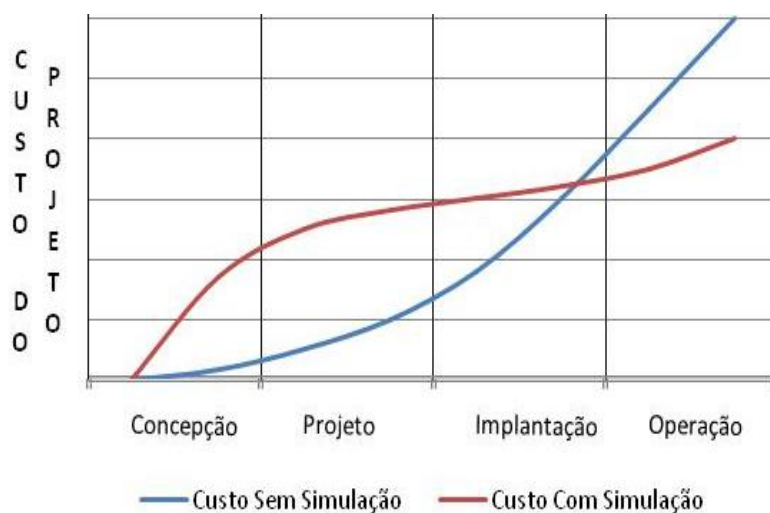


Figura 2.2: Comparativo da evolução dos custos com e sem aplicação da simulação (adaptado de HARRELL et al., 2000)

Em um sistema onde é aplicada a simulação, o custo na fase de projeto fica mais elevado, mas é justamente nesta fase, com o auxílio da simulação, onde se consegue planejar um sistema mais otimizado, conseqüentemente nas fases de implantação e operação se obtém a esperada redução do custo.

Ainda na **Figura 2.3** pode-se observar que a área sobre a curva dos custos com a simulação é menor que a dos custos sem a simulação, ou seja, o custo total no final é menor quando a simulação é utilizada.

2.1.3. DEFINIÇÕES

2.1.3.1. SISTEMA

A definição clara do que vem a ser sistema é muito importante para a execução de uma simulação, pois é com base nesta definição que se levantarão as informações necessárias ao estudo. Segundo BANKS (2000), um sistema é um conjunto de componentes ou entidades interagindo entre si, trabalhando juntos para atingir algum objetivo.

Um sistema também pode ser uma parte ou conjunto no qual o estudo será realizado, que por sua vez está inserido em universo ainda maior, como a área responsável pelo inventário do estoque de fios ou do intercâmbio de fios entre as fábricas (LAW e KELTON, 2000).

A ação entre os elementos do sistema envolve interdependências que podem ser simples ou mais elaboradas, dependendo do número de variáveis. Segundo PEREIRA (2000), a variabilidade é uma característica inerente a qualquer sistema que envolva pessoas e máquinas, uma vez que ambas podem falhar. Assim, a variabilidade introduz incerteza no sistema, cuja compreensão se torna difícil sem o uso de ferramentas apropriadas, como a simulação.

2.1.3.2. MODELO

Um modelo, segundo HERNANDEZ (2008), é uma representação de um sistema real com alguma finalidade. Em um modelo, somente os aspectos relevantes para a análise em questão serão considerados. O uso de modelos traz muitos benefícios como redução de tempo, custo e perdas materiais. Em muitos casos seu uso é até mesmo inevitável, como quando o sistema real não existe por se tratar de um projeto ou não estar disponível para experimentos.

De acordo com o tipo de modelo, ele pode ser classificado em: matemático, físico e de simulação (PIDD, 1998):

- Modelos matemáticos: modelos que fazem uma abstração da realidade utilizando conceitos complexos envolvendo linguagens formais, sentenças e expressões cujas sintaxes e semânticas dentro da lógica e “metalógica” matemáticas guardam uma semelhança básica com o conceito de modelos para simulação, que é a relação de satisfação, ou seja, a condição de semelhança entre a estrutura e a teoria;

- Modelos físicos: modelos que assumem forma física, sobre a qual o estudo será realizado. Dentre outros tipos de modelos físicos pode-se citar: desenho em escala é um método operacional que permite equacionar, ou otimizar atividades não muito complexas, freqüentemente utilizadas pelos profissionais responsáveis por projetos; e maquetes (ou modelos reduzidos), são miniaturas tridimensionais em escala de redução, utilizadas para apreciação de aspectos estéticos e de distribuição de volumes em obras arquitetônicas e para medições de comportamento, tais como obras hidráulicas ou marítimas;

- Modelos para simulação computacional: quando as relações que compõe o modelo são suficientemente simples, é possível empregar métodos matemáticos como a álgebra, o cálculo ou a teoria da probabilidade para obter informações exatas sobre questões de interesse. Entretanto a maioria dos sistemas reais é complexa demais para permitir uma avaliação analítica e por isto estes casos têm que ser estudados por meio computacional.

2.1.3.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação computacional, segundo LAW e KELTON (2000), é a imitação de um sistema real modelado em computador, no qual serão executados experimentos para avaliação e melhoria de seu desempenho. De um modo geral, simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado onde se pode estudar o comportamento do mesmo sob diversas condições, sem os riscos físicos e/ou custos envolvidos em um estudo tradicional.

Como já mencionado, um modelo é a representação de um sistema real com alguma finalidade. A simulação é uma ferramenta que utiliza tal modelo para fazer experimentos e responder questões do tipo “*what if*”, manipulando as entradas e verificando suas saídas. No treinamento de pilotos em simuladores de voo, por exemplo, eles ficam em uma cabina (modelo de um avião real), testando manobras e sentindo a dinâmica do modelo e suas

consequências. Assim, a simulação é o resultado de uma série de ações no modelo, que imitam reações do ambiente.

LAW e KELTON (2000) apresentam de forma bem resumida o que vem a ser sistema, modelo e simulação:

- sistema - origem dos dados;
- modelo - grupo de instruções para a geração de novos dados;
- simulador - dispositivo capaz de levar adiante instruções do modelo.

A relação entre estes fica de fácil entendimento com a apresentação da **Figura 2.3**.



Figura 2.3: Relação entre sistema, modelo e simulador (adaptado de LAW e KELTON, 2000)

2.1.4. METODOLOGIAS DE SIMULAÇÃO

Simular requer mais que simplesmente usar um *software*. A simulação é um projeto que deve ser planejado com conhecimento das etapas e suas necessidades. Para tal, deve-se conhecer bem o sistema e ter uma comunicação com usuários e pessoas envolvidas durante todo o processo.

A metodologia nos trabalhos de simulação busca sistematizar os passos de seu desenvolvimento, otimizando a integração entre *software*, modelador e usuário, e evitando desperdício de tempo, dinheiro e resultados frustrantes.

A maioria dos trabalhos de simulações mal sucedidos tem como principal causa a deficiência de um bom planejamento de seu estudo. Por isso, simular requer mais do que o conhecimento de um *software* específico, mas também, pessoas com conhecimento dos passos a serem seguidos, bem como experiência analítica, estatística, organizacional e de engenharia.

PIDD (1998) relata que a modelagem computacional de um sistema é uma tarefa que exige muito esforço por parte do modelador e que, se conduzido com raciocínio cuidadoso e planejado, será bastante beneficiada.

Para que isto ocorra, o autor propõe cinco princípios básicos e indispensáveis em qualquer metodologia para a implementação da simulação:

- o modelo deve ser simples apesar de partir de pensamentos complicados. Os modelos não necessitam ser tão complicados quanto à realidade;
- ser parcimonioso começando do simples e acrescentar complexidade na medida do necessário;
- evitar grandes modelos pela dificuldade em entendê-los. A regra é dividir esses grandes modelos;
- a definição dos dados a serem coletados deve ser orientada pelo modelo. O modelador não deve “se apaixonar pelos dados”;
- o comportamento do modelador na construção do modelo seria como este estivesse desembaraçando-se dos problemas pois a modelagem de forma alguma é um processo desordenado.

Para a condução do projeto de simulação, diversos autores elaboraram metodologias para auxiliar o modelador na condução do experimento. Neste trabalho serão apresentadas três metodologias servirão de exemplo para mostrar que apesar de seguirem o mesmo caminho e terem o mesmo objetivo, distinguem-se muito na definição das etapas do projeto.

Uma metodologia foi desenvolvida pelo fabricante do *software* que será usado no projeto, que é a do PROMODEL® USER’S GUIDE (2002). Há a divisão em seis etapas em passos genéricos, não entrando muito em detalhes, até mesmo porque por se tratar de um manual de um *software*, a metodologia visa atingir desde usuários iniciantes até os mais experientes.

A segunda será de MORAES (2004), que formulou a metodologia a dividindo em três grandes processos, que separa o projeto no antes, durante e depois da simulação, que são divididos em sete etapas. Essa metodologia tem como foco o entendimento detalhado do objetivo do modelo, para conseguir fazer com que o projeto consiga cumprir os objetivos e atender as restrições de tempo e orçamento.

Já LOBÃO E PORTO (1997) apresentam uma metodologia dividida em mais passos, para que o processo seguisse uma forma mais lógica e metódica. O objetivo da divisão em

mais passos é visar o fortalecimento da fundamentação do trabalho para que o estudo tenha qualidade e consistência.

A **Tabela 2.1** traz uma comparação entre as três metodologias:

Tabela 2-1: Comparação das metodologias de simulação (elaborado pelo autor)

PROMODEL USERS GUIDE (2002)	LOBÃO E PORTO (1997)	MORAES (2004)
Plano de Estudo	Definição do problema e objetivos do estudo	Definição do problema
Definição do sistema	Esboço	Formulação do modelo conceitual
	Coleta de dados	Preparação dos dados
Construção do modelo	Construção do modelo	Construção do modelo
	Verificação dos dados	Verificação e validação
	Verificação e validação do modelo	
Condução do experimento	Planejamento dos experimentos	Experimento
	Realização dos experimentos	
Análise dos resultados	Interpretação dos resultados	Análise dos resultados
Reportação dos resultados	Decisão da melhor alternativa e encerramento	

2.1.1. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

No tópico anterior foram mostradas algumas das metodologias de abordagem do trabalho de simulação encontradas na literatura por vários autores. Comparando-se as metodologias percebe-se que estas não diferem muito nos seus princípios básicos. Embora uma das metodologias apresentadas seja a do *software* que será utilizado na simulação, a metodologia escolhida foi a de LOBÃO e PORTO (1997), com base na observação de que essa metodologia traz os passos para a realização da simulação mais definidos, sendo, portanto mais fácil para uma pessoa que está realizando seu primeiro projeto de simulação.

A **Figura 2.4** mostra um fluxograma esquemático da metodologia escolhida.

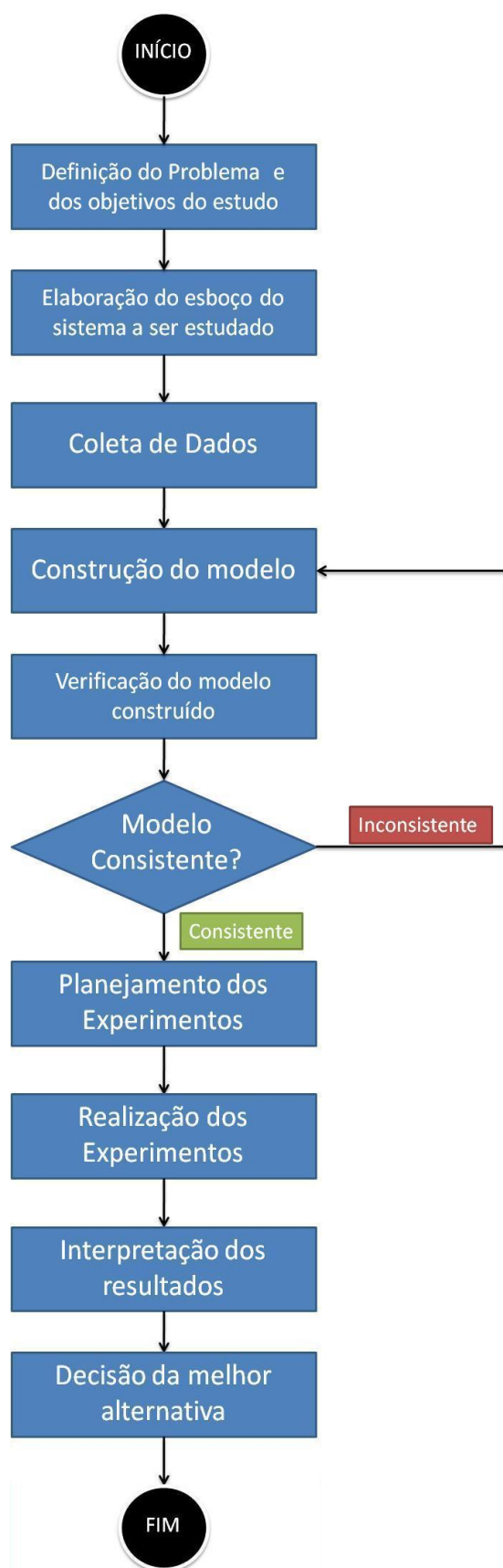


Figura 2.4: Metodologia para conduzir uma simulação proposta por Lobão e Porto (elaborado pelo autor)

Seguindo as etapas da metodologia definida, nos quatro próximos tópicos serão abordadas as fases genéricas da metodologia, ou seja, as fases de esboço do problema através do mapeamento do processo, a coleta de dados, a construção do modelo, a validação do modelo até o planejamento do experimento, já que a parte da realização da experimentação e da análise dos dados pode variar de caso a caso dependendo do tipo da simulação.

2.1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E DOS OBJETIVOS DO ESTUDO

Segundo LOBÃO E PORTO (1997), o sucesso da construção do modelo passa pela compreensão do funcionamento do sistema. Após um entendimento básico do sistema que compõe o estudo e de todo o potencial que a simulação trará ao sistema, deve-se determinar claramente qual será o objetivo da simulação. Ao se determinar o objetivo, o analista terá a resposta se a simulação é a ferramenta ideal para a obtenção do objetivo.

O modelador deverá fazer uma série de perguntas ao usuário visando entender o funcionamento do sistema na prática.

- Por que fazer a simulação?
- Quem será o usuário do modelo?
- Quais serão as variáveis de entrada e saída?
- Para quem os resultados da simulação serão apresentados?
- Quais as informações que serão esperadas do modelo?

2.1.2.1. IDENTIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES

A determinação das restrições do estudo é tão importante quanto à definição dos objetivos. Caso as restrições não estejam claras, o projeto pode fracassar devido ao estouro de orçamento ou quanto ao tempo, já que quando o projeto for concluído o estudo em questão pode nem ser mais necessário.

As restrições não devem ser vistas como um impedimento, mas como diretrizes para o projeto. Se não for estabelecido um prazo, o modelador pode querer incrementar tantos detalhes desnecessários para o projeto que a modelagem dure muito tempo.

2.1.2.2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO

O escopo se refere aos limites do sistema, ou seja, quais serão as atividades que farão parte da modelagem. A definição deve se basear na relação ou impacto que determinada atividade tem em relação aos objetivos da simulação. Uma boa definição do escopo fará com que somente sejam modeladas as fases relevantes para o projeto. Caso seja detectado que algumas atividades não causam impacto direto com o objeto de estudo, estas fases devem ser ignoradas no modelo.

2.1.2.3. NÍVEL DE DETALHAMENTO

O nível de detalhes define a profundidade do modelo. Diferentemente do escopo que afeta o tamanho do modelo, o nível de detalhe afeta a complexidade do modelo. A determinação do nível de detalhamento depende do objetivo do estudo. Se exigir uma grande precisão, será necessário um grande nível de detalhes, mesmo que possam tornar a construção difícil e demorada. É extremamente importante incluir somente o nível de detalhes suficientes para atingir os objetivos do estudo.

2.1.3. *ESBOÇO DO MODELO*

Para auxiliar o início da modelagem, uma visualização do modelo conceptual sobre o qual o modelo de simulação será baseado é extremamente importante. Para LOBÃO E PORTO (1997), uma boa estratégia é a divisão do sistema em vários subsistemas, para que

seja possível uma visão do problema como vários subproblemas que facilitam uma melhor visualização. Sem essa visualização, o passo seguinte que é a coleta de dados pode ser realizado de forma desorganizada, coletando uma grande quantidade de informações sem correlação alguma e sem saber o que será investigado.

Segundo Paiva et al. (2009), nesta fase o analista de simulação deve entender claramente o sistema a ser simulado e os seus objetivos, através da discussão do problema com especialistas.

O esboço do modelo serve como uma orientação para o modelador, a fim de se atingir o objetivo. É importante o modelador ter em mente:

- Os fatores do processo, ou seja, os que realmente causam impacto no sistema a ser estudado;
- Todas as transformações relevantes que ocorrem no processo, bem como os *inputs*, *outputs* e os recursos utilizados
- Distinção das atividades dependentes e independentes. Essa distinção é importante para quando colher dados dessas atividades, saber qual foi o tempo de duração da atividade e o tempo que transcorreu até todas as condições estarem disponíveis para o início da atividade.

Para uma melhor compreensão de todo o processo e para conseguir seguir as linhas-guia, é recomendável fazer o mapeamento do processo. Esta, por ser uma etapa complexa, será detalhada no item 2.2.

2.1.4. COLETA DE DADOS

Para a realização da coleta de dados, é necessário inicialmente determinar quais dados são necessários para a construção do modelo, de acordo com o escopo e o nível de detalhes que foram determinados. Para LOBÃO E PORTO (1997), o processo de aquisição de dados é facilitado pela observação do esboço do modelo para identificar as entradas e saídas.

A definição geral do fluxo do processo é um bom início, já que é possível se obter um desenho esquemático onde serão juntadas as informações mais detalhadas. Essa metodologia não só permite uma coleta ordenada dos dados, mas também possibilita o início do processo de construção do modelo, reduzindo o tempo da construção e correção do modelo

posteriormente. Não é incomum se tornar aparentes a falta de dados esquecidos na coleta inicial.

Para a definição do fluxo básico dos produtos e subprodutos do sistema, um diagrama de fluxo é muito útil, já que documenta o fluxo físico de atividades entre cada fase do processo. O próximo passo é definir como ocorre a movimentação dos materiais, bem como a capacidade dos recursos envolvidos, tempo de preparação, deslocamento e descarregamento.

Algumas perguntas podem ser úteis no direcionamento da busca por informações para conseguir os dados necessários, as quais são listadas a seguir:

- Que produtos/subprodutos são processados, e quais são as características que os distinguem entre si?

- Quais são as rotas utilizadas no transporte?
- Qual a prioridade de utilização de cada rota?
- Qual a capacidade do local de estocagem?
- Qual a capacidade de processamento do próximo local?

- Que recursos são utilizados no transporte?

- Qual é a regra de transporte dos produtos (FIFO, LIFO...)

- Onde ficam os recursos quando estão ociosos (voltam ao local de origem, ficam no lugar da entrega...)

- Quando há vários locais para a entrega, qual a regra de priorização (mais próximo, mais tempo ocioso...)

- Quais as paradas programadas e as falhas eventuais que ocorrem?

Dependendo do propósito da simulação e do nível de detalhes requerido, algumas questões podem não ser aplicadas. Em contrapartida, para um modelo muito detalhado, mais algumas perguntas podem ser incluídas. De maneira geral, as perguntas selecionadas, já englobam a maioria das informações necessárias para a construção do modelo.

A partir do conjunto correto das questões, é hora de começar a procura pelas respostas adequadas. As informações dificilmente são encontradas em um só local. O modelador deve identificar as fontes de dados que darão as respostas às perguntas, como, por exemplo, padrões de processo, estudos de tempos, *standard* industrial, relatórios de manutenção e produção, entrevistas com gerentes e operadores, fabricantes de equipamentos e também observações no chão de fábrica.

Para a decisão, deve-se ter em mente a relevância da informação, confiabilidade e facilidade de acesso. Por exemplo, de que adianta consultar o relatório de manutenção sendo

que as falhas não serão detalhadas na construção do modelo? O modelador deve ter em mente que os dados devem ser úteis na construção do modelo e rápidos na hora da coleta para não se atrasar o cronograma do projeto.

É normal perceber que um dado não está disponível para a coleta ou que o dado levantado não é totalmente confiável. É bem raro ter dados completos, atuais e 100% confiáveis, principalmente na construção de um modelo novo. Nestes casos, é necessário fazer suposições. Não há nada de errado em se fazer isso, desde que as pessoas concordem com as suposições e que saibam que de fato esses dados se tratam de suposições. Se uma variação na variável traz pouca interferência no modelo, pode-se adotar uma constante para essa variável. Já se há diferença, uma distribuição estatística pode ser necessária.

2.1.5. CONSTRUÇÃO DO MODELO

Uma vez que o modelador e o usuário já possuem uma visão clara de qual o problema será analisado e quais as respostas que se deseja obter com o estudo de simulação, já conhecem o sistema que a ser modelado, e os dados principais sobre o sistema já foram coletados e analisados quanto à sua correção, ou seja, quanto à maneira como foram coletados e sua correspondência com o sistema real de modo a poder representá-lo, a próxima fase que é a construção do modelo computacional já pode ser iniciada.

Na modelagem todos os dados que foram coletados relativos ao sistema, tais como: *layout*, equipamentos que participarão da simulação, tempos, número de operadores, tipos de produtos processados, são agora introduzidos no programa, de modo que ao final se tenha o modelo computacional de onde são obtidos resultados e são feitos os estudos e experimentações de simulação.

LOBÃO E PORTO (1997) destacam que é importante dimensionar adequadamente o modelo, para que não haja nem detalhes em excesso que comprometam o entendimento do modelo e podendo até comprometer o cumprimento do cronograma, como tampouco subdimensionamento para que não comprometa a confiabilidade do sistema.

2.1.5.1. PARTIR DE MODELOS SIMPLES

Os modelos mais complexos são de difícil construção e verificação. Um conceito importante que se deve ter ao modelar é de que os trabalhos de simulação devem partir de modelos simples para os mais complexos. Segundo PIDD (1998), deve-se aprender o máximo possível com esse modelo simples que foi construído, e depois na medida do necessário acrescentando refinamento.

Se o modelador começar a modelagem a partir de modelos simples, e for incrementando-o à medida que o estudo de simulação vai evoluindo, haverá não somente ganho no tempo total de trabalho de modelagem, como também na fase de verificação em que os erros de programação são corrigidos. Dessa forma, no decorrer do estudo vai se refinando esse modelo inicial, até que atenda os objetivos propostos.

2.1.5.2. FISCALIZAR O NÍVEL DE DETALHAMENTO

A modelagem é uma atividade que demanda tempo, e quanto maior o nível de detalhamento, maior o tempo de modelagem, e maiores as necessidades de dados para a construção do modelo. Segundo PEREIRA (2000), um modelo excessivamente detalhado pode não somente reduzir seu desempenho, como também pode obscurecer ou turvar os resultados.

O modelador deve ter em mente que é necessário somente modelar a parte do sistema relevante para o atingimento do objetivo do estudo, assim como não deve incluir dados e variáveis no modelo que não servirão na hora da análise dos resultados. Por outro lado, não deve excluir muitos detalhes que farão com que os *outputs* da simulação não tragam resultados precisos para a escolha da melhor alternativa de projeto.

Como já foi citado anteriormente, tanto a coleta de dados quanto à modelagem são atividades dispendiosas, que envolvem também gasto de tempo, desta forma é imperativo que o modelo seja o mais simples possível.

2.1.5.3. DIVIDIR O MODELO

Se o modelo for grande, é aconselhável também sua partição em um conjunto de modelos menores, relacionando-os às áreas lógicas do sistema (PEREIRA, 2000). Para LOBÃO E PORTO (1997), a divisão em modelos simples facilita a visualização do problema e assim a construção do modelo. Esses modelos se tornam mais simples de serem construídos e interpretados. Assim, num processo produtivo em que se têm vários estágios de fabricação, ou a peça passa por diversas células de fabricação, é interessante, caso se tenha que modular todo o processo, que se faça por partes.

Cada um desses módulos que constitui o modelo total é verificado separadamente, e após serem feitas as correções, os modelos são agrupados novamente.

2.1.5.4. VERIFICAR E CORRIGIR OS ERROS

A correção dos erros cometidos durante a programação é tanto mais fácil quanto menor for o modelo, daí a vantagem em subdividi-lo. É importante salientar que a recomendação de se partir de modelos mais simples, decorre também da facilidade que se tem para se verificar e corrigir erros nesses modelos, e à medida que essas incorreções são eliminadas, o modelador adiciona ao modelo maiores detalhes de roteamento, introduz variáveis que proporcionam mais informações, adiciona equipamentos, sofisticando a animação (se houver), introduz novos dados do processo, constrói múltiplos cenários, etc.

O importante é ter em mente que a verificação e correção de erros podem ser uma etapa demorada na modelagem, porém é mais segura do que se tentar ganhar tempo iniciando-a com modelos complexos e muito grandes.

2.1.6. VALIDAÇÃO DO MODELO

Uma vez que o sistema foi modelado e foi verificado, ou seja, todos os erros de programação foram eliminados, o programa estará em condições de rodar sem problemas. O próximo procedimento será a validação do modelo. A validação vem a ser uma avaliação de quanto o modelo construído é semelhante ao sistema real que se pretendeu simular, no aspecto de se questionar se esse modelo atende ou não as finalidades para as quais foi construído, ou seja, se está dando resposta conveniente ao problema que foi levantado ao se iniciar o projeto de simulação. LOBÃO E PORTO (1997) destacam que é de fundamental importância que o modelo seja consistente com a realidade, para que os resultados obtidos do estudo de simulação estejam totalmente relacionados com o sistema real.

Segundo SARGENT (2008) a validação de modelos computacionais é difícil e dentre todas as complexidades que a envolvem, de ordem prática, teórica e estatística. O autor ainda explica que não há uma receita para se fazer validação, e que devido às aproximações que foram feitas ao se construir o modelo, já seria de se esperar que os dados que o modelo vai gerar não tenham estatisticamente exatamente o mesmo comportamento do sistema.

Determinar a absoluta validade de um modelo para o que ele é proposto a fazer é quase sempre um trabalho lento e de alto custo. Ao invés disto o autor propõe que os testes de validação sejam conduzidos até que o modelo produza resultados que sejam confiáveis suficientemente para a sua aceitação.

Desta forma, mesmo que não houvesse limite de tempo disponível, bem como de recursos para se trabalhar na modelagem, e mesmo que os trabalhos de simulação tenham sido bem conduzidos, não há possibilidade de validação absoluta, ou seja, existem circunstâncias do sistema real, que podem acontecer e que não foram previstas no simulador.

O principal objetivo da validação, já que não existe fórmula que ajude a se concluir se o modelo é ou não válido, seria o de se determinar a utilidade do modelo ou não. Desta forma, se o modelo atende aos objetivos propostos, mesmo que não tenha semelhança absoluta com o sistema real que foi simulado, o modelo será útil e vai dar respostas que ajudem à empresa em suas decisões.

Apesar de ser uma etapa do estudo de simulação, isto não significa que o modelador, bem como o usuário, devam se preocupar com a validade somente após modelar todo o sistema. Assim, ao se definir o problema, esboçar *layout*, coletar os dados e na modelagem

propriamente dita, a preocupação com a validação deverá estar presente, isto posto, é natural que após o modelo estar concluído, a validação será uma fase muito mais fácil de ser executada, pois os dados que fizeram parte do estudo têm consistência com o sistema a ser modelado.

Apesar de não haver uma metodologia que garanta a hipótese de que o sistema seja válido para os objetos propostos, existem algumas propostas que ajudam na tomada de decisão e podem reduzir as probabilidades de que se esteja tomando a decisão errada, validando um modelo que vai gerar resultados não confiáveis, ou invalidando um modelo bom, ocasionando perda inútil de tempo. Essas propostas estão enumeradas a seguir.

2.1.6.1. MUDANÇA DOS PARÂMETROS DE ENTRADA

Segundo HARREL *et al.* (2000), um teste que pode ser feito para validação do modelo é o de mudar os dados de entrada e verificar se as respostas que serão fornecidas serão próximas às respostas que o sistema real daria. A recomendação é de que se varie somente o os dados de entrada que serão avaliados, os demais deverão permanecer constantes. Este teste também vai realizar uma análise de sensibilidade, de modo a indicar ao modelador quais são os parâmetros para os quais se devem dar maior atenção na coleta de dados, tendo em vista o seu nível de influência nas saídas do programa.

2.1.6.2. TURING TEST

De acordo com a sugestão de HARREL *et al.* (2000), pode ser realizado o chamado *Turing test*. Nesse teste as respostas dadas pelo modelo e as respostas que são dadas pelo sistema modelado, são ambas entregues a pessoas que conheçam o sistema. A essas pessoas não é dito quais são as respostas do sistema e do modelo, para que não sejam influenciadas em sua opinião. Caso essas pessoas consigam distinguir entre os dois conjuntos de dados, elas devem explicar ao modelador quais distinções encontraram.

Essas diferenças são então analisadas uma a uma, juntamente com o modelador, que dessa forma poderá implementar mudanças no modelo de maneira a aproximar os resultados.

2.1.6.3. MODELAR JUNTAMENTE COM O USUÁRIO

HARREL *et al.* (2000) sugerem que no desenvolvimento do modelo é imprescindível que haja envolvimento tanto das pessoas que conhecem o sistema a ser modelado, quanto à interação com aqueles que vão tomar as decisões. Essa medida vai propiciar tanto o aumento da validade do modelo, quanto à percepção dessa validade por parte daqueles que vão tomar decisões.

Apesar de essa ser uma atividade típica do modelador, quando a linha de produção estiver sendo modelada, é interessante que o gerente da área de produção, os técnicos da área, até mesmo em certas circunstâncias, os operadores tomem parte na modelagem.

Os modernos *softwares* de simulação, como é o caso do que será utilizado neste trabalho, possibilitam a animação. Através dessa animação, o modelador pode interagir facilmente com as pessoas que conhecem o sistema, além de motivá-las para o envolvimento com o estudo de simulação. A velocidade de animação pode ser aumentada ou diminuída, de modo a se observar detalhadamente, momento a momento, quais são os eventos que estão ocorrendo na simulação, quais os percursos que o operador está fazendo, quais suas decisões, há quebra das máquinas, etc.

2.1.7. PLANEJAMENTO DOS EXPERIMENTOS

Após a validação do modelo, o passo seguinte é planejar a realização de experimentos com o modelo. É válido lembrar que o primeiro passo para se fazer uma simulação é desenvolver uma hipótese para ser testada, e a partir dos resultados da simulação, o projetista validará ou anulará tais hipóteses. As hipóteses podem ser testadas a partir do comportamento estável do modelo ou considerando apenas um período particular da simulação.

Assim como qualquer experimento envolvendo um sistema com características aleatórias, os resultados da simulação também podem ser considerados aleatórios, uma vez que a simulação se utiliza de um gerador de números aleatórios para gerar os números. Rodar o modelo apenas uma vez não garante a reprodutibilidade dos resultados. É necessário determinar um intervalo de confiança para as variáveis de saída, de modo que se possa ter com certa taxa de confiabilidade que os resultados obtidos estão dentro de uma faixa de dados que serão úteis para o estudo.

A partir dos pontos levantados nos parágrafos anteriores, o modelador deve conduzir os experimentos, decidindo que tipos de experimentações são apropriados para o estudo. Algumas perguntas podem auxiliar o modelador no planejamento dos experimentos, como:

- Interessa o comportamento estável da simulação ou um determinado período?
- Como evitar irregularidades do início da simulação?
- É possível determinar uma condição inicial correta, ou ela só virá depois de um tempo de simulação?
- Quantas replicações devem ser feitas?

As simulações são frequentemente realizadas para comparar duas ou mais alternativas de projetos. Essa comparação pode estar baseada em duas ou mais variáveis de decisão tais como capacidade de armazenagem, cronograma de trabalho, disponibilidade de recursos, etc. É necessário realizar uma análise cuidadosa, a fim de garantir que as diferenças encontradas nas comparações são devido às mudanças entre cada alternativa e não devido às variações estatísticas.

Percebe-se que o modelador tem que ter claro o objetivo da simulação para que consiga planejar o experimento de uma forma que a simulação seja útil e traga respostas conclusivas a ele. Por isso, a clareza do objetivo é extremamente importante, para até mesmo não haver a medição de variáveis que não agregarão ao estudo, o que fará com que o sistema seja muito mais complexo que o necessário, dificultando a construção, a verificação e a validação do modelo.

2.1.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SIMULAÇÃO

Após a apresentação pode-se verificar que a simulação é uma ferramenta que se mostra adequada nos mais diversos campos, e que tem se tornado bastante difundida nas áreas de logística, manufatura e serviços. Sua dificuldade está em como usar esta ferramenta de forma eficaz, e de como se obter dela respostas que sejam válidas, ou seja, que realmente estejam identificadas com o sistema que se está estudando, e ao mesmo tempo, que estas respostas sejam rápidas de modo a não frustrar o usuário na expectativa de aumentar sua competitividade no mercado.

A partir dos passos descritos, foi possível perceber alguns pontos que podem condenar o projeto ao fracasso:

- Não estabelecer claramente os objetivos
- Não conseguir envolver os indivíduos afetados pelo projeto
- Estourar os limites determinados para o orçamento e tempo
- Não conseguir determinar corretamente os dados de entrada
- Incluir mais detalhes que o necessário
- Falhar ao verificar e validar o modelo
- Basear as decisões em uma única simulação
- Basear as decisões em estatísticas médias quando o output é cíclico

2.2. MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Para desenvolver ou aplicar sistemas de gerenciamento de processos é necessário definir e entender os processos e as atividades que os compõem. Para VILLELA (2000), processo é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo e um fim identificados, assim como os inputs e outputs.

Segundo o mesmo autor, através da análise do processo, é possível propor um gerenciamento, no sentido de oferecer melhorias, mediante um prévio mapeamento. As organizações investem anualmente montantes significativos dos seus recursos em reestruturação para manterem-se flexíveis e inovadoras em ambientes competitivos e

turbulentos. Baseando-se nesta observação, a atual bibliografia da área empresarial tem apresentado um interesse acentuado sobre a mudança organizacional, e vem desenvolvendo e aprimorando abordagens e metodologias destinadas ao realinhamento estratégico entre sua estrutura, objetivos e processos.

Segundo BARNES (1982), há quatro enfoques que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções de melhorias a processos. São eles:

- Eliminar todo trabalho desnecessário;
- Combinar operações ou elementos;
- Modificar a seqüência das operações;
- Simplificar as operações essenciais.

Ainda segundo este autor, simplificar uma tarefa é planejar um meio que permita obter o mesmo, ou melhor, resultado sem gastar nada mais por isso.

JOHANSSON (1995) comenta em seu trabalho que, basicamente, existem três razões possíveis para a organização alterar um processo: redução de custos, renovação de competitividade e domínio competitivo.

O mapeamento de processo é usualmente executado nos seguintes passos:

- Identificação dos produtos e serviços e seus respectivos processos. Os pontos de início e fim dos processos são identificados neste passo.
- Reunião de dados e preparação
- Transformação dos dados em representação visual para identificar gargalos, desperdícios, demoras e duplicação de esforços.

2.2.1. DEFINIÇÃO

Para HUNT (1996), mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que tem a intenção de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos. A sua análise estruturada permite, ainda, a redução de custos no desenvolvimento de produtos e serviços e a redução nas falhas de integração entre sistemas e melhora do desempenho da organização, além de possibilitar melhor entendimento dos processos atuais e eliminar ou simplificar aqueles que necessitam de mudanças.

Mapear processos significa identificar, documentar, analisar e desenvolver um processo de melhoria. É uma representação visual dos processos de trabalho mostrando como *inputs*, *outputs* e tarefas estão ligados entre si, proporcionando uma nova visão de como o trabalho é realizado, destacando os pontos cruciais das áreas onde uma mudança terá impacto bastante significativo para a melhoria do processo atual.

Segundo MELLO & SALGADO (2005), para gerenciar um processo é necessário, primeiramente, visualizá-lo. Assim, o mapeamento representa as diversas tarefas necessárias e a seqüência em que elas ocorrem para a realização e entrega de um produto ou serviço.

Ainda segundo os autores, o mapeamento de processos deve ser apresentado sob a forma de uma linguagem gráfica que permita: expor os detalhes do processo de modo gradual e controlado; descrever o processo com precisão; focar a atenção nas interfaces do mapa do processo; e fornecer uma análise de processos consistente com o vocabulário do projeto.

2.2.2. IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Mapear ajuda a identificar as fontes do desperdício, fornecendo uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura e serviços, tornando as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo em que se possa discuti-las, agregando conceitos e técnicas enxutas, que ajudam a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente, formando a base para um plano de implementação e mostrando a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

Para HUNT (1996), os mais importantes e fundamentais elementos da análise do processo são o mapeamento do processo e o seu entendimento. Através do processo de mapeamento torna-se mais simples determinar onde e como melhorar o processo. O autor ainda destaca que o mapeamento do processo pode melhorar o foco no cliente do processo, auxiliar a eliminação de atividades que não agregam valor e reduzir a complexidade do processo.

A constante reavaliação da sua estrutura, processos e mecanismos de controle, tornam a organização cada vez mais autocrítica e competitiva, características indispensáveis para enfrentar as crescentes complexidades ambientais (VILLELA, 2000).

Para PIDD (1998), faz sentido modelar o processo para descobrir os componentes essenciais e sensíveis em que as melhorias farão diferença, já que as mudanças tecnológicas permitem que o processo seja mudado no espaço ou no tempo, capacitando a organização a operar mudanças rapidamente auxiliadas por modelos simulados em computador e pela engenharia dos processos de negócio.

Neste ponto, o conceito de mapeamento do processo começa a ser discutido levando-se em conta os avanços tecnológicos disponíveis. A simulação computacional atua como uma poderosa ferramenta, facilitando a visualização do processo e o acompanhamento dos seus resultados.

O mapeamento dos processos também ganha importância pela sua função de registro e documentação histórica da organização, pelo fato do aprendizado ser construído com base em conhecimentos e experiências passadas, isto é, com base na memória (VILLELA, 2000).

A metodologia de gerenciamento de processos é utilizada como instrumento poderoso de avaliação das atividades dos processos produtivos responsáveis pelo desempenho de bens e serviços no mercado. Ela objetiva promover um aumento global da qualidade e produtividade em cada um dos processos da organização, além da manutenção de uma sintonia total com os clientes em suas expectativas e necessidades, visando atendê-los e encantá-los ao máximo, de maneira a agregar valor aos bens e serviços que estiverem sendo consumidos pelos clientes.

Além desta vantagem, vem promover a redução de custos, o aumento da produção e venda, redução de refugos, melhor aproveitamento dos espaços e do pessoal envolvido nos processos e atividades críticas e conseqüentemente/ aumento da rentabilidade, ou seja, a solução de vários problemas.

2.2.3. EXECUÇÃO DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Os passos para execução do mapa do processo podem ser definidos nas seguintes fases:

- Definição do processo: Nesta fase devem-se determinar quais processos devem ser analisados e estabelecer a fronteira de cada um. Trata-se simplesmente de uma análise explanatória que busca uma compreensão do funcionamento dos processos e da realização das atividades.

- **Análise do processo:** Após estabelecer o processo a ser analisado, a próxima etapa é definir como o processo escolhido trabalha e, principalmente, identificar as oportunidades de melhoria. O objetivo principal desta fase é entender o que ocorre no processo atual, quem está envolvido e as deficiências encontradas no processo atual. Nesta fase, é elaborado o mapa do processo, o qual mostra a relação entre as atividades para desenvolver e fabricar o produto.

2.2.1. MAPOFLUXOGRAMA

Barnes (1982) afirma que, em algumas vezes, para se visualizar melhor um processo, desenham-se as linhas de fluxo em uma planta de edifício ou da área em que a atividade se desenvolve. Desenham-se linhas nesta planta para mostrarem a direção do movimento e os símbolos do gráfico do fluxo do processo estão inseridos nas linhas para indicarem o que está sendo executado. Esta representação recebe o nome de mapofluxograma, que é ilustrado na **Figura 2.5**.

A grande vantagem do mapofluxograma é a possibilidade de visualizar o processo atrelado ao *layout* da área. Este fator favorece sobretudo aos transportes, que podem ter suas rotas definidas no mapofluxograma.

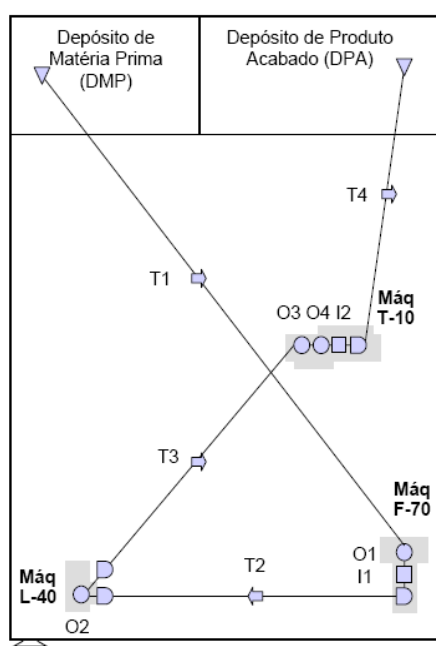


Figura 2.5: Exemplo de Mapofluxograma (extraído de MIYAKE, 2009)

2.2.2. FLUXOGRAMA

O fluxograma do processo tem o objetivo de representar esquematicamente o processo de produção através das seqüências de atividades de transformação, exame, manipulação, movimentação e estocagem por que passam os fluxos de itens de produção. O modelo registra exclusivamente seqüências fixas e determinísticas das atividades. As atividades distintas são representadas no modelo por símbolos gráficos e o fluxo de itens entre as atividades sucessivas por segmentos que unem os símbolos correspondentes. Este modelo esquemático permite um entendimento global e compacto do processo de produção, ao destacar e identificar as etapas constituintes e a sua ordem de execução.

A informação visual básica dada pelo diagrama pode ser acrescida de outras informações que possibilitem o claro entendimento do processo, como local de execução, tempos de duração das atividades, distâncias movidas, custo da atividade, unidade produtiva. Estas informações podem ser organizadas segundo algumas diferentes concepções. As concepções construtivas e simbologias diferentes de fluxograma dependem da especificidade do processo em estudo, do tipo de objeto de estudo e do conjunto de informações requeridas.

Em sua obra, Barnes descreve em seu trabalho o fluxograma do processo, ou gráfico do fluxo do processo, a fim de se tornar possível uma melhor compreensão de processos e sua posterior melhoria. O gráfico representa os diversos passos ou eventos que ocorrem durante a execução de uma tarefa específica, ou durante uma série de ações. São utilizados alguns símbolos padronizados, como apresenta a **Figura 2.6.**

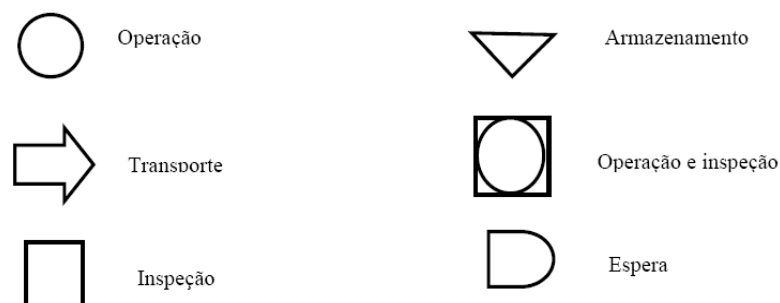


Figura 2.6: Símbolos Padronizados de um Fluxograma (Barnes, 1982)

O analista de sistemas, organização e métodos, bem como os usuários, sempre devem ter em mente quais são as informações básicas provenientes de um fluxograma, para que possam obter o melhor resultado do mesmo.

2.3. CAPACIDADE

Segundo ZACCARELLI (1979), o conceito de capacidade de produção é simples quando se trata de um produto ou de poucos produtos, como nos casos da indústria de processo contínuo, entretanto, uma maior variedade de produtos pode tornar a definição da capacidade de produção uma tarefa muito complexa.

Capacidade é “o volume de saída que um sistema é capaz de atingir em um período específico de tempo” (YANG, 2001). É importante ressaltar que, muitas vezes, não é dada a devida importância para a questão de capacidade nas empresas. Assim, executivos podem se ver em situações nas quais percebem que investimentos já deveriam ter sido feitos e que não poderão atender à demanda por falta de capacidade.

A criticidade de um planejamento de capacidade aumenta em função do tempo necessário para implementar uma expansão. Se a capacidade de uma operação pode ser ampliada em poucos dias, um plano para os próximos cinco anos pode parecer desnecessário. Porém, caso os projetos exijam meses ou anos para ser executados, um planejamento estratégico de capacidade é indispensável.

Ao decidir o nível de capacidade que deve manter ao longo do tempo, uma organização deve avaliar o *trade-off* entre a sua falta e o seu excesso. Em um cenário de falta de capacidade, a empresa não atende por completo à demanda, podendo perder clientes pelo nível de serviço deficiente, abrindo espaço para o avanço dos concorrentes. Por outro lado, o excesso de capacidade leva à ociosidade dos recursos, incorrendo em custo de oportunidade, ou a estratégias forçadas para o aumento da demanda, como, por exemplo, a redução de preços.

Há duas situações para a determinação de um gargalo: quando somente há um produto e quando há mais de um produto. Para um produto, é fácil determinar a capacidade produtiva. Para determinar a capacidade da empresa inteira, basta conhecer a capacidade de todos os

setores e verificar qual desses possui a menor capacidade, pois este restringirá a capacidade da empresa como um todo.

Para determinar a capacidade de cada um dos setores, é necessário saber quantos produtos podem ser processados em um certo intervalo de tempo. Supondo que um setor possua n máquinas, que executem a mesma função e que as capacidades de cada máquina em unidades/dia seja C_n , sendo assim a capacidade total do setor será a somatória de todas as capacidades de cada máquina:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_{n-1} + C_n$$

Já para se calcular a capacidade de muitos produtos não se deve determinar a capacidade produtiva de um setor ou da fábrica em unidades por unidade de tempo. No caso em que a empresa produza produtos similares e pré-definidos, como numa indústria de produção intermitente repetitiva, é possível considerar uma unidade padrão e estabelecer relações entre os produtos produzidos com esta unidade padrão. Desta forma, a capacidade da empresa será dada em unidade padrão sobre unidade de tempo e existirá uma relação de quantidade da unidade padrão para cada produto produzido. Pelas relações de equivalência, é possível determinar que combinações de diversos produtos podem ser produzidas em um certo intervalo de tempo.

2.3.1. RECURSO LIMITANTE

Será chamado de recurso limitante em cada setor o recurso que for o limitante para que a capacidade produtiva daquele setor não seja maior. Geralmente, os recursos limitantes são as máquinas ou o quadro de operários. Da mesma forma que para aumentar a capacidade da empresa é necessário aumentar a capacidade do setor com menor capacidade, para aumentar a produção de um setor é necessário aumentar seu recurso escasso.

2.3.2. GARGALO

Em um sistema produtivo, a capacidade de produção é dada pela capacidade de processamento do recurso gargalo. Para se aumentar a capacidade do sistema é necessário aumentar a capacidade do recurso gargalo. Um aumento de capacidade neste recurso representará um aumento proporcional no sistema até o momento em que este recurso deixe de ser o gargalo. Caso melhorias façam com que um recurso não gargalo tenha um aumento de produtividade, nenhum impacto será registrado na capacidade do sistema, apenas o tempo ocioso deste processo que foi melhorado será aumentado.

3. ESTRUTURAÇÃO DA SIMULAÇÃO ATRAVÉS DA MODELAGEM DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ATUAL

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo aborda as fases 1 a 6 do modelo teórico de PORTO e LOBÃO, apresentado e escolhido no item 2.1.5. Será apresentado o escopo do projeto, e a partir disso, as fases 2 e 3 do modelo que consistem no mapeamento do processo, através do Mapofluxograma e do Gráfico do Fluxo do Processo e na forma com que foram coletados os dados. Depois, será mostrado como se procedeu a construção do modelo no *software* Promodel, bem como a forma como foi feita a validação dos dados e do modelo.

3.2. DEFINIÇÃO DO SISTEMA ESTUDADO

O estudo é desenvolvido na fábrica de Santa Barbara D'Oeste/SP da TÊXTIL. Devido à complexidade do processo, o trabalho foi restringido às fases de Depósito de Algodão, Fiação Alfa, Tingimento e Tecelagem Alfa, conforme mostrado na **Figura 3.1**.

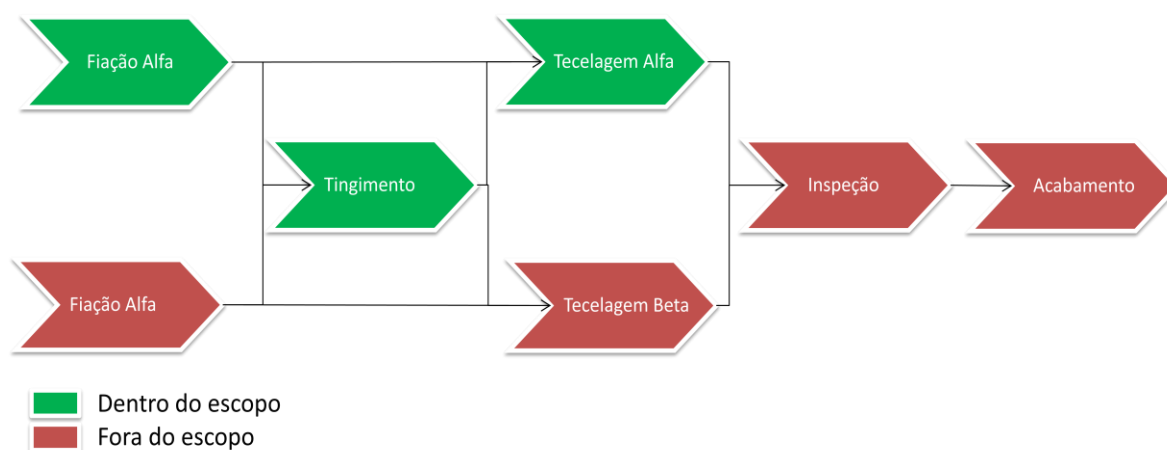


Figura 3.1: Definição das Fases Participantes do Modelo (elaborado pelo autor)

A decisão por quais fases seriam incluídas no escopo e quais não seriam se baseou principalmente no tempo do projeto. Desta forma, decidiu-se focar o processo na parte Alfa da fábrica, já que o modelo pode ser replicado com facilidade para a parte beta, já que a parte beta da fábrica é formada por máquinas interligadas na fiação, ou seja, não há variações no tempo de movimentação que são automáticos. Além disso, decidiu-se excluir o acabamento visto que a fábrica de Tatuí possui uma ociosidade na linha de acabamento que caso seja necessário a produção da tecelagem de Santa Bárbara D'Oeste pode ser enviada para ser acabada lá. Com isso, o aumento da produção da tecelagem não trará impactos nas fases subsequentes a ela.

3.2.1. SIMPLIFICAÇÕES DO MODELO

A limitação de tempo para o desenvolvimento do projeto foi um ponto importante para que simplificações para os modelos fossem geradas. É importante destacar que o modelo deste trabalho foi desenvolvido para uma análise macro para cada processo, de modo que em cada fase não foi realizada a modelagem de cada máquina da fase, mas sim houve o agrupamento das máquinas através de propriedades semelhantes de produção.

Um exemplo foi a etapa em que há a formação do fio. Ao invés de se modelar as 99 máquinas que compõe a etapa, optou-se por dividir esse processo em dois grandes grupos: Grupo Convencional e Grupo Lycra, que compõe os dois grandes grupos de fios produzidos pela fábrica. Como há uma divisão clara das máquinas que podem produzir os tipos de fios, houve a modelagem no sistema de quatro grandes máquinas e o tempo e rendimento de produção foi obtido através dos planos de produção mensal emitidos pelo planejamento, que já fazem os cálculos desses números e do volume que se pretende produzir. Neste caso, foi escolhido quatro e não duas máquinas para também ser possível observar o efeito da fila e conseguir visualizar uma melhor alteração do número de subprodutos entre a máquina e os estoques antes e depois.

O processo da tecelagem também foi simplificado de acordo com as características das máquinas. Esse agrupamento foi decidido levando-se em conta os tempos de parada comuns entre os modelos das máquinas, independente do fio que está sendo processado.

3.2.2. RESTRIÇÕES DE ANÁLISE DO MODELO

As simplificações adotadas para este trabalho são de uma modelagem-piloto, que futuramente pode ser desenvolvido para uma compreensão do processo. Como o objetivo é uma análise dos *inputs* e *outputs* dos processos, não se viu necessário chegar ao nível de detalhes de cada máquina. Portanto, um dimensionamento de mão-de-obra se torna inviável a partir deste modelo, visto que na realidade da fábrica há uma divisão dos grupos de trabalho que são responsáveis por certo números de máquinas. Como as máquinas foram agrupadas, adotou-se, para o modelo, também agrupar a mão-de-obra.

Outra restrição é a análise de custos de produção. Como o objetivo do trabalho é analisar a movimentação dos materiais e a capacidade produtiva, não foram criadas para esse modelo-piloto variáveis que possam mensurar o custo de produção. Além disso, a aquisição de novas máquinas já foi descartada pela Gerência da Fábrica para o ano de 2011. Portanto, os custos fixos da produção não serão alterados, o que foi considerado mais um motivo para que não houvesse a análise dos custos de produção.

Deve-se ainda acrescentar que a fase do tingimento é compartilhada com a parte beta da fábrica, de modo que apesar do Gráfico do Fluxo do Processo que será mostrado na **Figura 3.4** mostrar que há 9 máquinas de Ball, e de que na empresa há mais de 6 máquinas de rebeamer e 3 linhas de tingimento, a modelagem trará uma quantidade reduzida de equipamentos respeitando a proporcionalidade descrita nos “Programas Mestres de Produção” da empresa, que apontam a porcentagem de utilização desses equipamentos por fios oriundos da fiação alfa e oriundos da fiação beta.

3.3. ESBOÇO DO PROBLEMA

A linha de produção da Têxtil tem o seu *layout* baseado por processos. Para execução do mapa do processo o passo inicial é a criação do mapofluxograma, o qual fornece uma visão geral das atividades se desenvolvendo nos diferentes equipamentos facilitando a validação do modelo. A execução das tarefas foi realizada pela equipe do projeto, que juntamente com os especialistas das áreas, atuaram diretamente na linha de produção com os objetivos de:

- detalhar as atividades e criar o mapofluxograma;
- definir o fluxo geral da linha;
- definir os tempos de cada processo e criar o mapa do processo.

3.3.1. ATIVIDADES E O MAPOFLUXOGRAMA

A primeira compreensão do fluxo produtivo ocorre quando se consegue visualizar o local em que as atividades de operação, transporte, estoque, espera e inspeção ocorrem. É necessário ter a planta da fábrica e andar pelo chão de fábrica para observar o processo de produção.

As atividades para a coleta das informações necessárias foram realizadas pelo estudante responsável pelo projeto do Trabalho de Formatura e pelo Engenheiro de Produção Junior. Com as informações levantadas foi possível montar o mapofluxograma do processo da linha produtiva. Vale lembrar que o mapofluxograma, apresentado na **Figura 3.2**, ficou restrito ao escopo definido na **Figura 3.1**.

3.3.2. FLUXO GERAL

O mapofluxograma fornece a visão geral dos processos. Contudo, é necessário um detalhamento maior dos processos para compreender o que ocorre em cada etapa da manufatura. O Gráfico de Fluxo do Processo (GFP) traz justamente esse nível de detalhes necessário para que o modelo de simulação possa ser planejado e elaborado. As informações iniciais do GFP foram aproveitadas do mapofluxograma, faltando, teoricamente, apenas mensurar as distâncias e o tempo de cada operação. Entretanto, as distâncias são calculadas automaticamente pelo *software* Promodel, e, portanto, esse dado não será calculado inicialmente para a construção do GFP, faltando apenas o preenchimento da determinação dos tempos.

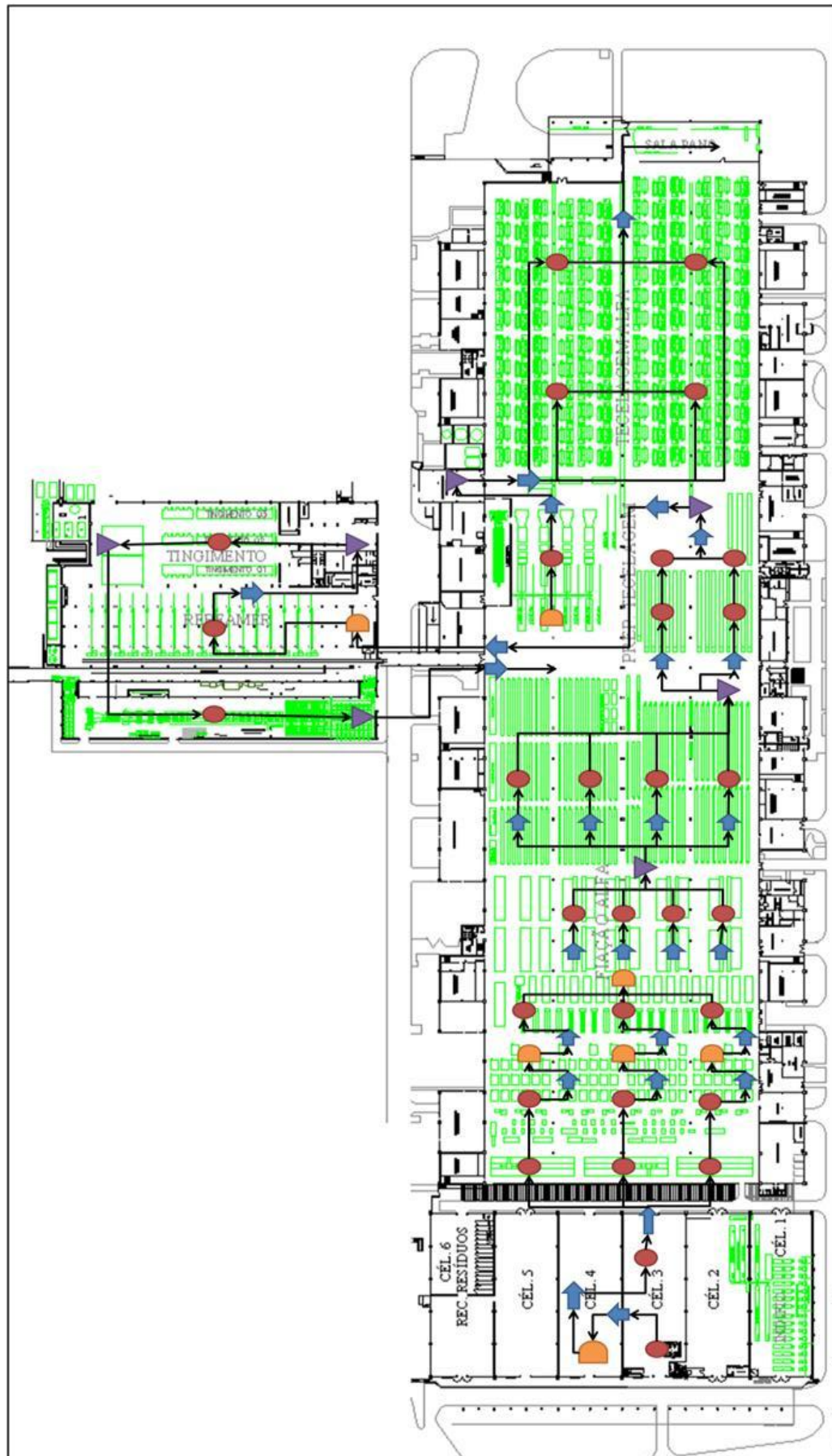


Figura 3.2: Mapa-fluxograma do escopo do projeto (elaborado pelo autor)

3.3.2.1. TEMPOS E O MAPA DO PROCESSO

Uma das preocupações foi mensurar o tempo de realização das atividades através do *Standard Industrial* que fornece os dados de rendimento da máquina e a quantidade de produto que sai do processo. Os dados de tempo de *setup* e de manutenção já estão incluídos no dado do rendimento, de modo que garantida a confiabilidade desses documentos, pode-se ter a garantia de que os dados estão aderentes com a realidade. Como foi relatado anteriormente, os *Standards Industriais* foram revisados no início do ano, e por conta disso, a equipe considerou que os documentos são confiáveis.

Outro dado necessário para o mapa do processo são as movimentações que ocorrem no processo. As informações de tempo de movimentação da mão de obra, de materiais, e do maquinário foram obtidas através da cronometragem. Foram tomados cinco tempos e calculadas a sua média ($\bar{x}$) e desvio padrão (s). Para que houvesse uma confiabilidade nos dados, determinou-se que o grau de confiança dos dados seria de 95% (correspondente a $z=1,96$) e uma precisão de 5%. Essas porcentagens foram determinadas seguindo basicamente duas variáveis: o tempo do projeto e o nível de detalhamento exigido por esse modelo de simulação.

O tempo do projeto determinou que o intervalo de confiança fosse um pouco menos exigente, visto que quanto maior o nível de confiança maior é a quantidade de dados necessária para se obter.

Já a precisão foi determinada como 5% visto que esse é um modelo preliminar cuja análise será feita por fases, nível sem muitos detalhes do processo produtivo. Além disso, este modelo é parte de uma implementação-piloto na fábrica de Santa Bárbara D'Oeste. Quando houver a implementação com maior nível de detalhes, certamente a precisão desejada será maior. Entretanto, para esse modelo houve um consenso da equipe quanto ao grau de precisão.

Então, com as informações preliminares da média, desvio-padrão, grau de confiança, precisão desejada, foi possível determinar a quantidade de ciclos de coleta desejada para servir como *input* para o modelo, através da fórmula a seguir:

$$n = \left(\frac{z \cdot s}{\mu \cdot a} \right)^2$$

Onde:

n = tamanho da amostra requerida

z = grau de confiança

s = desvio padrão da amostra padrão

μ = média da amostra padrão

a = precisão desejada

3.3.2.2. COLETA DE DADOS

A coleta dos dados se realizou após o mapeamento do processo produtivo e da elaboração do fluxo de processos, que ainda faltava o preenchimento da coluna dos tempos para ser considerado finalizado. Para a realização houve um sorteio das movimentações das fases para que não houvesse interferência entre as fases na hora de coletar os tempos. Outra preocupação foi variar os operadores que realizavam a mesma tarefa. Isto ocorreu para testar se havia diferenças entre os desempenhos dos operadores (caso eles fizessem as tarefas num ritmo fora do padrão devido à cronometragem ou por questões de prática, experiência e habilidade), fato que poderiam fazer com que houvesse grande diferença entre os dados.

Há também que se destacar que antes da coleta dos dados, o supervisor da área foi acompanhar o aluno deste trabalho para poder explicar o procedimento que iria ocorrer como forma de eliminar desconfiças, resistências e nervosismo por parte dos operadores.

Após o sorteio, tomou-se cinco tempos para cada fase e a partir desses dados, determinou-se a média e o desvio padrão amostral, utilizando a fórmula mostrada no item 3.3.2.1. Caso o tamanho da amostra obtida na fórmula fosse maior que 5, foi necessário coletar novos dados. Para essa etapa, repetiu-se o processo descrito no parágrafo anterior. Um fato a se observar é que também foi feito uma verificação para ver se algum dado estava muito discrepante. A média e o desvio-padrão das movimentações de cada fase estão mostrados na **Tabela 3.1.**

Tabela 3-1: Média, Desvio e Tamanho da Amostra necessária para as fases (elaborado pelo autor)

	s	μ	n	s'	μ'	n'
Célula 4 - Célula 3	49,68	1104,2	4	-	-	-
Célula 3 - Célula 4	68,09	1284,53	5	-	-	-
Depósito - Linha de Abertura 1	57,6	2019,6	2	-	-	-
Depósito - Linha de Abertura 2	90,6	1753,2	5	-	-	-
Depósito - Linha de Abertura 3	98,4	1589,4	6	82,8	1580,4	5
Cardas - Área Espera	1,2	17,36	8	0,95	17,53	5
Área Espera Cardas - Passadeiras 1a Passagem	3,16	68,44	4	-	-	-
Passadeiras - Área Espera 2a Passagem	0,3	4,8	6	0,3	4,83	6
Passadeiras - Área Espera Maçaroqueira	0,49	7,8	6	0,41	7,6	6
Área Espera - Estoque Maçaroqueiras	3,45	48,3	8	3,09	47,92	7
Maçaroqueira - Linha de Guerra	1,53	25,76	6	1,52	25,99	6
Linha de Guerra - Fiadeiras	2,63	35,63	9	2,32	34,64	7
Fiadeiras - Estoque por título separado	2,53	47,86	5	-	-	-
Estoque de título - Estoque Enroladeira	1,17	27,5	3	-	-	-
Estoque Enroladeira - Enroladeira	3,54	53,6	7	3,5	55,2	7
Enroladeira - Estoque	8,65	183,53	4	-	-	-
Estoque Fiação - Ball Warper	34,75	594,29	6	25,95	591,03	3
Estoque Ball - Ball	1,75	26,47	7	1,65	27,84	6
Ball Warper 1 - Estoque	1,08	41,65	2	-	-	-
Ball Warper 2 - Estoque	1,12	43,07	2	-	-	-
Ball Warper 3 - Estoque	1,52	88,07	1	-	-	-
Ball Warper 4 - Estoque	2,36	83,54	2	-	-	-
Ball Warper 5 - Estoque	1,74	100,95	2	-	-	-
Ball Warper 6 - Estoque	3,23	124,39	2	-	-	-
Ball Warper 7 - Estoque	3,51	135,4	2	-	-	-
Ball Warper 8 - Estoque	4,27	141,53	2	-	-	-
Ball Warper 9 - Estoque	10,16	150,99	7	6,54	120,97	5
Estoque - Linha de Tingimento	42,92	1145,35	3	-	-	-
Tingimento - Rebeamer	3,94	45,82	12	3,07	48,7	7
Rebeamer - Área Espera	2,12	49,8	3	-	-	-
Transporte pelo elevador	2,52	67,43	3	-	-	-
Transporte pelos carrinhos até a engomadeira	2,04	64,6	2	-	-	-
Estoque Engomadeira - Engomadeira	3,65	47,3	10	3,02	47	7
Engomadeira - Estoque	11,43	145,21	10	8,69	142,59	6
Estoque - Teares (Grupo 1)	8,24	182,04	4	-	-	-
Estoque - Teares (Grupo 2)	11,77	235,2	4	-	-	-
Transporte dos teares (Grupo 1) até estoque	16,53	316,31	5	-	-	-
Transporte dos teares (Grupo 2) até estoque	18,78	247,5	9	13,68	249,65	5

A partir da coleta dos tempos da movimentação e dos tempos obtidos através dos *Standards Industriais* foi possível completar o Gráfico do Fluxo do Processo. Vale apenas ressaltar que os dados de espera e estocagem intermediária não são possíveis de se determinar, visto que não há uma precisão do tempo dessas etapas, mas apenas a certeza de que essa etapa acabará assim que a fase seguinte necessitar do subproduto. O Gráfico é apresentado na **Figura 3.3**.

	Tempo	Símbolo do Gráfico	Área Produtiva	Local	Descrição	○	⇒	□	D	▽
1	30 min	● ⇒ □ D ▽	D e p ó s i t o	Depósito de Algodão	Descarregamento da carga	1				
2	12 min	● ⇒ □ D ▽		Depósito de Algodão	Corte de amostras	1				
3	150 min	○ ⇒ □ D ▽		Depósito de Algodão	Espera classificação do fardo				1	
4	18 min	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a Célula 3		1			
5	8 h	○ ⇒ □ D ▽		Depósito de Algodão	Espera para formação das mistas				1	
6	21 min	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a Célula 4		1			
7	3 dias	○ ⇒ □ D ▽		Depósito de Algodão	Estoque de Mistas de Algodão					1
8	33,66 min	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a Linha de Abertura 1	1				
	29,22 min		Transporte para a Linha de Abertura 2							
	26,49 min		Transporte para a Linha de Abertura 3							
9	16 h	○ ⇒ □ D ▽	F i a ç ã o	Linha de Abertura	Estoque de Fardos de Algodão ao lado da máquina				1	
10	14,63 h	● ⇒ □ D ▽		Linha de Abertura 1	Sucção do Algodão pela máquina	1				
	13,68 h			Linha de Abertura 2	Sucção do Algodão pela máquina					
	19,01 h			Linha de Abertura 3	Sucção do Algodão pela máquina					
11	54 min	● ⇒ □ D ▽		Cardas	Formação da Fita de Carda	1				
12	12 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a área de espera nas cardas		1			
13	50 min	○ ⇒ □ D ▽		Área de Espera nas Cardas					1	
14	17,36 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para as Passadeiras de 1a Passagem		1			
15	12 min	● ⇒ □ D ▽		Passadeiras de 1a Passagem	Utilização nas Passadeiras de 1a Passagem	1				
16	7,34 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para área de espera		1			
17		○ ⇒ □ D ▽		Área de Espera de 1a Passagem					1	
18	7,7 min	● ⇒ □ D ▽		Passadeiras de 2a Passagem	Utilização nas Passadeiras de 2a Passagem	1				
19	21 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para área de espera		1			
20		○ ⇒ □ D ▽		Área de Espera de 2a Passagem					1	
21	68,44 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a área de estocagem das maçarqueiras		1			
22		○ ⇒ □ D ▽		Estoque de Latas						1
23	155 min	● ⇒ □ D ▽		Maçarqueiras	Formação do Pavio	1				
24	25,76 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a "Linha de Guerra"		1			
25		○ ⇒ □ D ▽		Estoque de Maçarocas						1
26	47,86 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para as máquinas Fiadeiras		1			
27	60 min	● ⇒ □ D ▽		Fiadeiras	Formação do Fio	1				
28	27,5 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a área de separação dos fios por título		1			
29		○ ⇒ □ D ▽		Área de Espera dos Cones					1	
30	183,5 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a área de estocagem correspondente ao título do fio		1			
31		○ ⇒ □ D ▽		Estoque de Espulas nos Carrinhos						1
32	15 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte do carrinho para a Enroladeira		1			
33	75 min	● ⇒ □ D ▽		Enroladeira		1				
34	12 min	● ⇒ □ D ▽		Enroladeira	Colocação das bobinas nos carros-pino	1				
35	15 s	○ ⇒ □ D ▽			Transporte para a área de estocagem		1			
36		○ ⇒ □ D ▽		Estocagem do carro-pino*	* Se for rolo de trama, o processo seguinte é o 60					

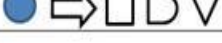
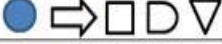
37	9,91 min		T i n g i m e n t o	Transporte até o Ball Warper	1				
38				Área de Espera de Carros-Pino				1	
39	7 min			Ball Warper	Alimentação das máquinas de Ball com as bobinas	1			
40	61,5 min			Ball Warper	Formação dos cabos	1			
41	41,65 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 1	1			
	43,07 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 2				
	88,07 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 3				
	83,54 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 4				
	100,97 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 5				
	124,39 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 6				
	135,4 s				Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 7				
	143,4 s			Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 8					
	151,99 s			Transporte para o estoque de rolos desde o Ball 9					
42			Estoque de rolos de Ball				1		
43	19,09 min			Transporte para a linha de tingimento	1				
44	13 h		Tingimento	Tingimento dos cabos	1				
45			Estoque de Fios Tintos em Latas				1		
46	45,82 s			Transporte das Latas para as máquinas do Rebeamer	1				
47				Espera para uso das latas			1		
48	100 min		Rebeamer	Formação dos rolos de urdume	1				
49	49,8 s			Transporte para área de espera	1				
50	20 s			Espera pelo elevador			1		
51	49,8 s		T e c e l a g e m	Transporte pelo elevador	1				
52	67,43 s			Transporte pelos carrinhos até a engomadeira	1				
53				Estoque de rolos de urdume				1	
54	70 s			Transporte para as engomadeiras	1				
55	5,5 h			Engomagem dos rolos			1		
56	145,61 s			Transporte para área conveniente (rolos para Tatui, Tec. Beta, estoque da tecelagem)	1				
57				Engomadeira	Estoque dos rolos da tecelagem			1	
58	182,04 s		T e c e l a g e m	Transporte até os teares (Grupo 1)	1				
59	235,2 s			Transporte até os teares (Grupo 2)					
61	194 h			Tecelagem	Teares P7200	1			
	197 h				Teares P7150				
62	316,31 s				Transporte dos teares (Grupo 1) até estoque	1			
	247,5 s				Transporte dos teares (Grupo 2) até estoque				
					15	26	0	10	10

Figura 3.3: Gráfico do Fluxo do Processo Produtivo (elaborado pelo autor)

Com o mapofluxograma, o gráfico do fluxo do processo e os tempos de cada etapa, é possível iniciar a construção do modelo de simulação no *software*, visto que é o próximo passo da metodologia desenvolvida no item 2.6.

3.4. CONSTRUÇÃO DO MODELO

Para a modelagem de sistemas existem diversos *softwares*. Na construção do modelo da planta de Santa Barbara D'Oeste, o *software* escolhido foi o ProModel®. A decisão em adotar o ProModel® partiu do fato de que o *software* possui uma excelente interface gráfica, facilitando a validação do modelo e a análise dos dados simulados.

Para a construção de um modelo, o ProModel® apresenta os seguintes elementos: *locations*, “entidades”, “processos” e “chegadas” encontrados no *menu* “Construir” do *software*. Apresenta ainda outros elementos auxiliares como: definição de turnos de trabalho, “variáveis” para ajudar na construção da rotina do modelo e *macros* que serão utilizadas na fase de experimentação.

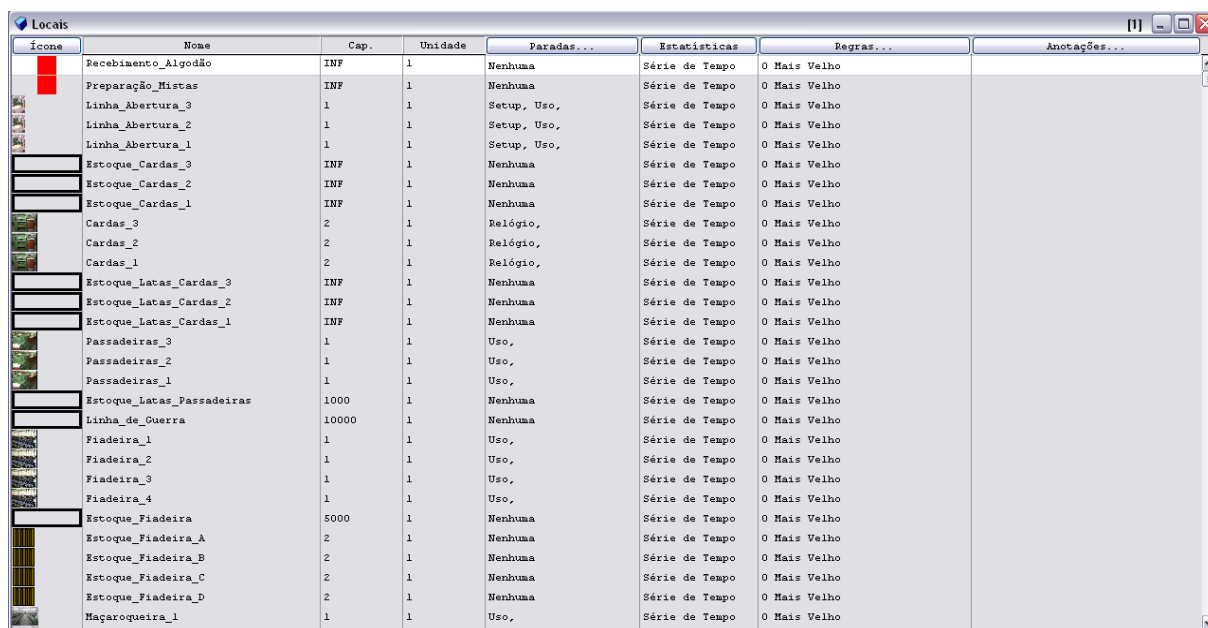
A **Figura 3.4** mostra a tela de abertura do ProModel®.



Figura 3.4: Tela de Abertura do Software Promodel (extraído do software ProModel®)

- **Locations:** Representam os lugares fixos do sistema, onde se realizam os processos. Neste elemento pode-se definir: capacidade, unidades (simples ou múltiplas), *setups*, manutenção, nível de detalhamento estatístico, além de regras de chegada e saída de matéria.

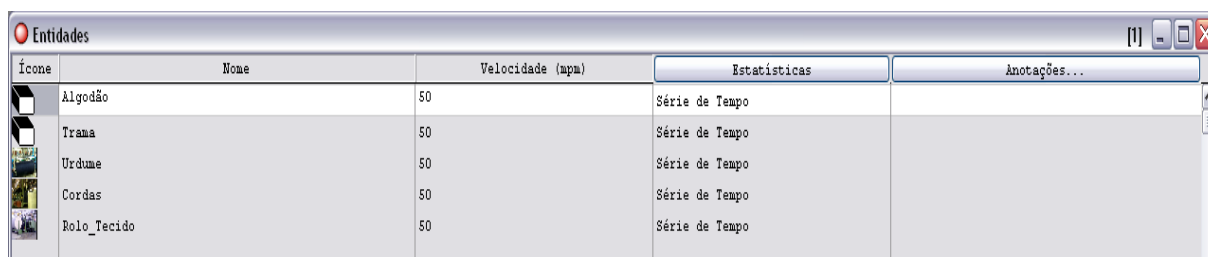
Para a modelagem, foi necessário realizar o levantamento da capacidade de cada etapa, bem como as particularidades, preferência de ordem de processamento (ex: nas cardas, as máquinas são divididas em três grandes grupos, sendo que o 3º grupo é usado como escoamento caso os outros dois grupos estejam sobrecarregados). A **Figura 3.5** exibe a tela do programa na edição das *locations* do caso estudado.



Ícone	Nome	Cap.	Unidade	Paradas...	Estatísticas	Regras...	Anotações...
	Recebimento_Algodão	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Preparação_Mistas	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Linha_Abertura_3	1	1	Setup, Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Linha_Abertura_2	1	1	Setup, Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Linha_Abertura_1	1	1	Setup, Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Cardas_3	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Cardas_2	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Cardas_1	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Cardas_3	2	1	Relógio,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Cardas_2	2	1	Relógio,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Cardas_1	2	1	Relógio,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Latas_Cardas_3	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Latas_Cardas_2	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Latas_Cardas_1	INF	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Passadeiras_3	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Passadeiras_2	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Passadeiras_1	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Latas_Passadeiras	1000	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Linha_de_Guerra	10000	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Fiadeira_1	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Fiadeira_2	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Fiadeira_3	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Fiadeira_4	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Fiadeira	5000	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Fiadeira_A	2	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Fiadeira_B	2	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Fiadeira_C	2	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Estoque_Fiadeira_D	2	1	Nenhuma	Série de Tempo	0 Mais Velho	
	Maçaqueira_1	1	1	Uso,	Série de Tempo	0 Mais Velho	

Figura 3.5: Locations do modelo de simulação (extraído do software ProModel®)

• **Entidades:** As “entidades” são os itens a serem processados pelo sistema, podendo ser: matéria-prima, produtos, *pallets*, pessoas ou documentos. As “entidades” possuem velocidades definidas e podem ser agrupadas ou divididas ao longo do processo produtivo, se movimentando de uma *location* para outra utilizando uma rota definida ou uma rede de trabalho. A **Figura 3.6** exibe uma tela do programa com algumas “entidades”, neste caso desde o fardo de algodão até o rolo de tecido.



Ícone	Nome	Velocidade (rpm)	Estatísticas	Anotações...
	Algodão	50	Série de Tempo	
	Trama	50	Série de Tempo	
	Urdume	50	Série de Tempo	
	Cordas	50	Série de Tempo	
	Rolo_Tecido	50	Série de Tempo	

Figura 3.6: Entidades do modelo de simulação (extraído do software ProModel®)

• *Chegadas*: Define a entrada das “entidades” dentro do modelo. Podendo ser definidas as quantidades, frequência e períodos de chegada, bem com a lógica de chegada. No modelo construído só há uma única chegada que são os fardos de algodão que chegam diariamente, de acordo com os dados fornecidos pelo setor de “Controle de Qualidade do Algodão”.

• *Processos*: Consiste em uma tabela onde são definidas as operações de cada *entity* em cada *location* e o “recurso” necessário para estas operações, e uma tabela de rotas que define o destino e a movimentação de cada “entidade”, bem como o modo como se dá essa movimentação e o “recurso” necessário.

Foi necessário estudar cada processo, para ver o tempo que demora, a relação de entrada:saída (ex:nas passadeiras entram seis latas de cardas para sair apenas uma de passadeira), e no caso do modelo de simulação saber como adaptar o objetivo do estudo ao modelo.

Como o interesse é saber se o aumento do rendimento da tecelagem trará um aumento significativo da produção, ou se o gargalo será transferido, saber quantas entidades estão sendo processadas em cada *location* é um bom indicador para o estudo. Por isso, acrescentaram-se variáveis ao modelo que mostram esses dados e as mudanças de valor das variáveis tem sua lógica incluída nos processos, seja na operação quanto na movimentação.

A **Figura 3.7** apresenta a utilização do menu *processos* para o caso estudado.

Entidade...	Local...	Operação...
Algodão	Recebimento_Algodão	WAIT 3 HRCGROUP 75 AS AlgodãoODA_Tipo_Mista = D_Tipo_Mista()0000
Algodão	Preparação_Mistas	
Algodão	Linha_Abertura_1	WAIT 14.63 HR
Algodão	Linha_Abertura_2	WAIT 13.58 HR
Algodão	Linha_Abertura_3	WAIT 19.01 HR
Algodão	Estoque_Cardas_1	
Algodão	Estoque_Cardas_2	
Algodão	Estoque_Cardas_3	
Algodão	Cardas_1	WAIT 54.62 MIN
Algodão	Cardas_2	WAIT 54.62 MIN
Algodão	Cardas_3	WAIT 54.62 MIN
Algodão	Estoque_Latas_Cardas_1	
Algodão	Estoque_Latas_Cardas_2	
Algodão	Estoque_Latas_Cardas_3	
Algodão	Passadeiras_1	WAIT 7.71 MIN
Algodão	Passadeiras_2	WAIT 7.71 MIN
Algodão	Passadeiras_3	WAIT 7.71 MIN
Algodão	Estoque_Latas_Passadeiras	
Algodão	Maquaqueira_1	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_2	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_3	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_4	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_5	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_6	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_7	WAIT 1.2 HR
Algodão	Maquaqueira_8	WAIT 1.2 HR
Algodão	Linha_de_Guerra	
Algodão	Fiadeira_1	WAIT .9 HR
Algodão	Fiadeira_2	WAIT .9 HR
Algodão	Fiadeira_3	WAIT .9 HR
Algodão	Fiadeira_4	WAIT .9 HR

Figura 3.7: Processos da modelagem (extraído do software ProModel®)

• **Redes de Caminho:** São os elementos que farão com que as entidades ou recursos se locomovam de um local para outro. Para conseguir modelar e incluir esses dados no *software* foi necessário verificar qual é o caminho percorrido nas movimentações para que não houvesse discrepância entre o tempo e distância reais para o que o modelo apontaria. Caso a rede de caminho não traduzisse a realidade, afetaria diretamente o tempo total de produção, levando assim a diferenças entre o real produzido e o que o modelo indicaria.

A **Figura 3.8** apresenta as redes de caminho do modelo.

Redes de Caminho						
Imagem...	Nome	Tipo	T/S	Caminhos...	Interfaces...	Mapeamento...
	Preparação_das_Mistas	Passante	Velocidade & Distância	2	2	0
	Linha_de_Abertura	Passante	Velocidade & Distância	8	4	11
	Operadores_Linha_de_Abertura	Passante	Velocidade & Distância	3	3	0
	Linha_de_Abertura_Cardas	Passante	Velocidade & Distância	3	6	0
	Estoque_Cardas_Cardas	Passante	Velocidade & Distância	3	6	0
	Cardas_Estoque	Passante	Velocidade & Distância	3	6	0
	Estoque_Passadeiras	Passante	Velocidade & Distância	3	6	0
	Passadeiras_Grande_Estoque	Passante	Velocidade & Distância	4	4	4
	Estoque_Passadeira_Maçaroqueira	Passante	Velocidade & Distância	5	9	3
	Maçaroqueiras_Linha_Guerra	Passante	Velocidade & Distância	5	9	3
	Linha_de_Guerra_Fiadeiras	Passante	Velocidade & Distância	3	5	3
	Fiadeiras_Estoque_Fiadeiras	Passante	Velocidade & Distância	3	5	3
	Estoque_Fiadeiras_Por_Titulo	Passante	Velocidade & Distância	8	5	9
	Estoque_Enroladeira_Enroladeira	Passante	Velocidade & Distância	4	8	0
	Enroladeira_Grande_Estoque	Passante	Velocidade & Distância	5	5	5
	Grande_Estoque_Tipo_Estoque	Passante	Velocidade & Distância	2	2	0
	Carrinho_Estoque_Carrinho	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	Estoque_Carrinho_Ball	Passante	Velocidade & Distância	13	7	15
	Ball_Estoque_Rolos	Passante	Velocidade & Distância	11	7	15
	Estoque_LT1	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	Estoque_LT2	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	LT1_Latas	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	LT2_Latas	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	Estoque_Latas_Rebeamer	Passante	Velocidade & Distância	12	6	14
	Rebeamer_Estoque	Passante	Velocidade & Distância	7	7	7
	Estoque_Carrinho	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	Carrinho_Estoque_Engomadeira	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	Estoque_Engomagem	Passante	Velocidade & Distância	1	2	0
	Saida_Engomadeira	Passante	Velocidade & Distância	3	3	3

Figura 3.8: Redes de Caminho do modelo de simulação (extraído do *software* ProModel®)

Uma etapa anterior à definição dos elementos descritos acima foi a inserção de elementos gráficos externos no ProModel®. Optou-se por utilizar o *layout* desenvolvido pela própria empresa como fundo da simulação principalmente para facilitar seu entendimento e a construção do modelo reduzindo assim o tempo necessário para a validação.

O ProModel® permite ainda que um arquivo texto seja gerado com toda a programação da simulação. Esta programação feita no ProModel® é mostrada no **Anexo 1**.

3.5. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Na modelagem da linha produtiva da fábrica, a preocupação de que o modelo refletisse o sistema real norteou o processo de construção do início ao fim. Portanto, já na fase de mapeamento do processo, procurou-se envolver as pessoas que tinham conhecimento do processo produtivo para não só fornecerem as informações, mas para avaliar a modelagem do sistema, seja através do mapeamento do processo ou do *software* de simulação. Além disso, a animação que pode ser visualizada no *software* facilitou a análise e a discussão por toda equipe do correto funcionamento e modelagem do sistema real.

É importante ressaltar que para chegar ao modelo definitivo utilizado neste trabalho foram criados alguns sub-modelos, para facilitar a verificação dos erros do modelo. A divisão do sistema em várias partes facilitou muito a verificação dos dados, já que cada sub-modelo contou com, no máximo quatro processos. Desta forma a validação do modelo final foi muito mais simples. A **Tabela 4.1** mostra os sub-modelos que foram criados e depois mesclados para a construção do modelo definitivo.

Tabela 3-2: Modelos Criados até o Modelo Final (elaborado pelo autor)

Modelo	Processos	Nível de Complexidade
1	Recebimento do Algodão, Preparação das Misturas, Linha de Abertura e Cardas	Atributos e Chegadas
2	Passadeira, Maçaroqueira, Fiadeira, Enroladeira	
3	Transporte até o Ball, Ball, Linha de Tingimento, Transporte até o Rebeamer	
4	Rebeamer, Transporte até Engomagem, Engomagem e Tecelagem	
5	Mescla dos modelos 1 e 2 e 3 e 4	
6	Mescla dos 4 modelos	Variáveis de observação: - Rolos Produzidos - Envio de rolos para tecelagem - Envio de rolos para Tatuí

O modelo final, após todas as etapas de acrescentar itens foi parametrizado no *software* e a interface visual do usuário com o modelo pode ser vista na **Figura 3.9**.

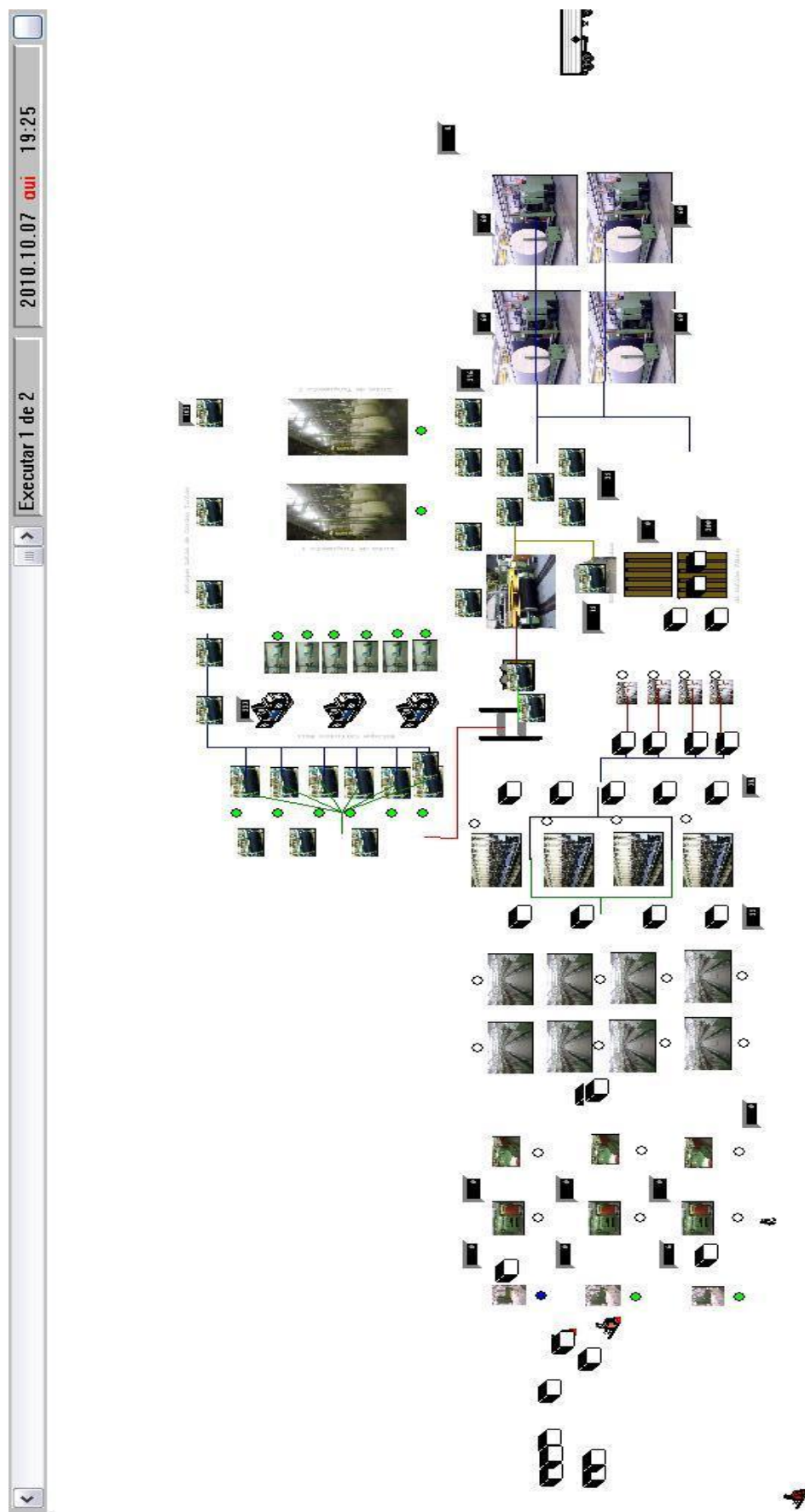


Figura 3.9: Interface Gráfica do Modelo no Promodel (extraído do software ProModel®)

Buscou-se validar o modelo através da comparação dos resultados esperados pela equipe de engenharia da empresa com os resultados do modelo simulado utilizando o *Turing test*. Os testes foram feitos apresentando os gráficos de “Utilização dos Recursos” (mostrado como exemplo na **Figura 3.12**), “Itens Processados”, “Número de Saídas de Cada Fase”. Os especialistas de cada área receberam os gráficos como se fossem relatórios mensais emitidos pela Engenharia de Produção e validaram os dados. Deste modo, o *Turing Test* foi feito e o modelo, portanto, validado.

Um item importante para verificação da aderência do modelo é realizar a comparação é a quantidade de rolos que foram produzidos na engomagem. A capacidade de engomagem é de 6000km de rolo de tecido, mas que é reduzida devido ao rendimento atual da engomagem que é de 87,5%, resultando na capacidade real de 5250km. Considerando os dados do planejamento que aproximadamente 40% dos rolos é destinado a tecelagem alfa, 35% para a tecelagem beta e 25% dos rolos são enviados para Tatuí.

Vale ressaltar que apenas a parte alfa da fábrica foi modelada, de modo que segundo o planejamento a procedência dos fios é aproximadamente 50% dos fios da fiação alfa e 50% da beta, ou seja, o modelo processa 12,5% dos rolos que são enviados a Tatuí. Com isso, os números esperados pelo modelo devem ser 2100 km ou 840 rolos para a tecelagem alfa e 656,25km ou 263 rolos para Tatuí.

Os rolos engomados são separados em dois grandes grupos:

- o grupo dos que são enviados para a tecelagem de Tatuí, que correspondem a linha em roxo, que na simulação teve o valor de 270 rolos, ou 675 km. Significa que o modelo condiz com a prática da fábrica de enviar aproximadamente 12,5% da produção da engomadeira para a fábrica de Tatuí.

- os rolos que são tecidos na própria fábrica de Santa Bárbara D'Oeste, destacado em azul. Na simulação teve o valor de 825 rolos, ou 2062,5 km de rolos que são destinados a tecelagem da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste.

Pode-se concluir então que tanto na divisão dos rolos quanto na quilometragem o modelo está aderente a realidade. A **Figura 3.10** ilustra a quantidade de rolos que saíram da engomagem (destacados em roxo os que vão para Tatuí e vinho os que são destinados à fábrica de Santa Bárbara D'Oeste).

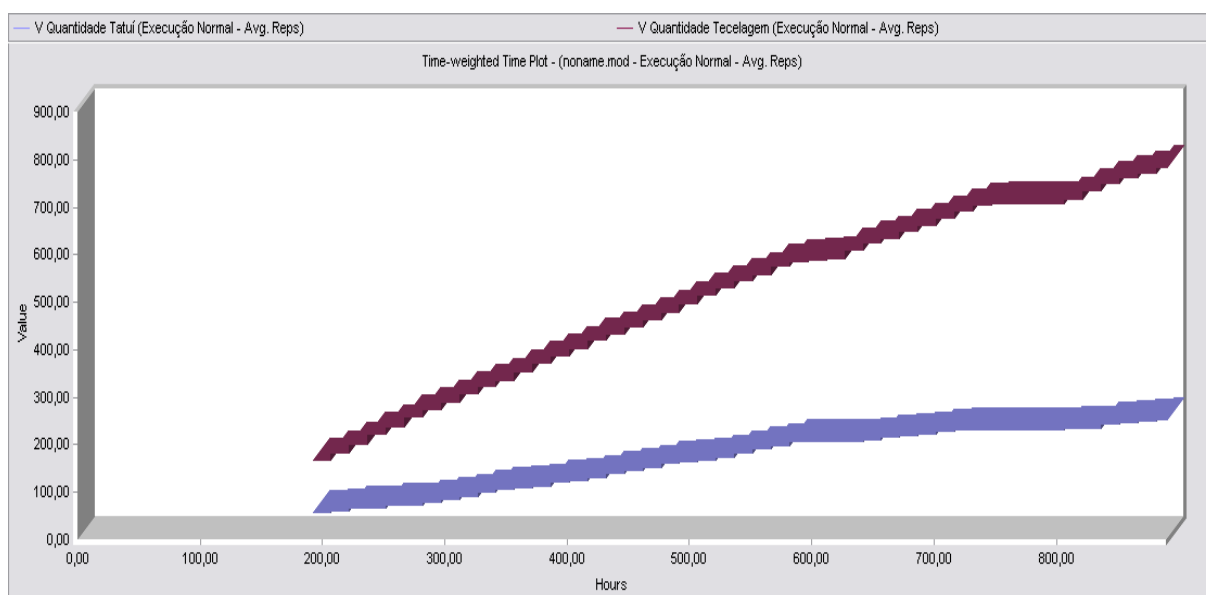


Figura 3.10: Rolos enviados para Tatui e para a tecelagem da fábrica (extraído do software ProModel®)

Outro exemplo de verificação do modelo foi observação da utilização do grupo de máquinas da fição, conforme poderá ser visto na **Figura 3.11**. As “Maçaroqueiras” e “Fiadeiras” tiveram utilizações diferentes, sendo que as mais utilizadas são as dos grupos com numeração menor. Isso traduz perfeitamente a realidade, já que a preferência para o envio do subproduto da fase anterior é dos grupos com numeração menor, sendo que esses grupos de máquinas servem para escoar a produção.

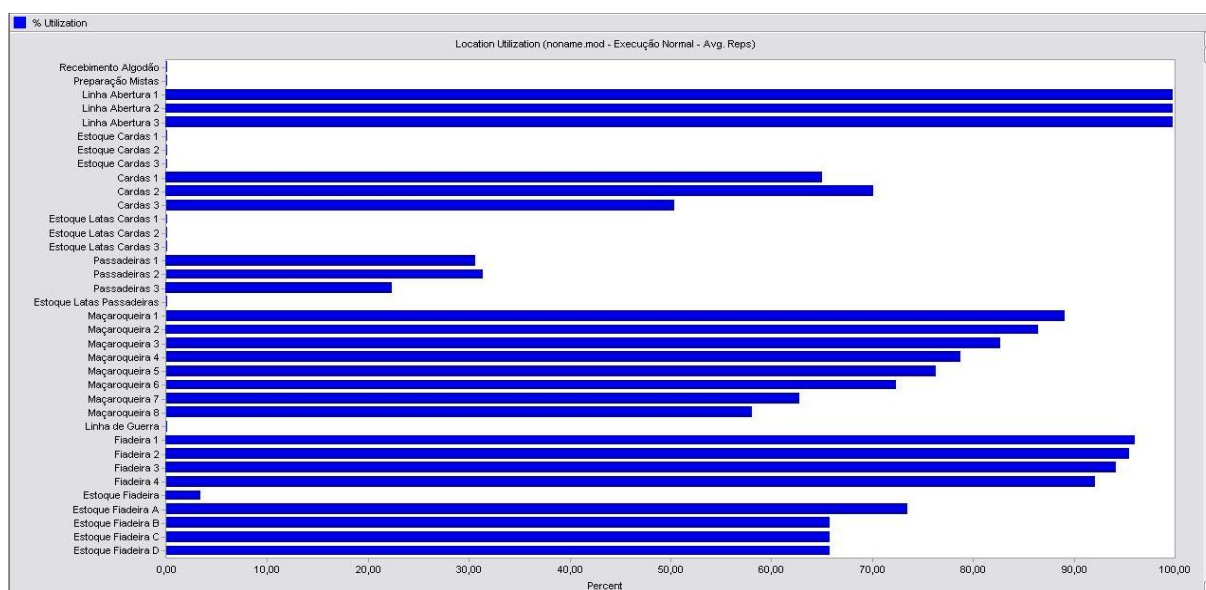


Figura 3.11: Utilização das máquinas (extraído do software ProModel®)

3.5.1. DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE WARM-UP

Para a simulação fornecer apenas dados úteis que correspondam efetivamente a realidade, utilizou-se uma ferramenta do *software* que é o período de *warm-up*, que consiste em desconsiderar um período da simulação porque o sistema ainda não se encontrava num regime estável.

Para deixar o sistema seguir o fluxo do processo, determinou-se que haveria chegada externa de material apenas no início do fluxo, ou seja, no depósito de algodão. Desta forma, caso os dados comessem a ser computados para as estatísticas desde o início da simulação, obter-se-ia que a tecelagem, gargalo do processo produtivo, ficaria ociosa até a chegada do primeiro rolo engomado e que funcionaria com sua capacidade parcial até receber a quantidade suficiente de rolos.

A situação descrita acima simplesmente tornaria incorreta a saída de dados do modelo. Por isso, antes de se obter os dados para a análise que será feita no item 3.6, teve-se que determinar o período de aquecimento ideal para que os parâmetros do *software* traduzissem a realidade. A determinação levou em consideração basicamente um fator: o tempo em que as fases que tiveram bloqueios durante a simulação apresentassem a variação de bloqueios e funcionamento estivessem em períodos regulares.

Este fator foi escolhido porque no momento em que os bloqueios das fases já estivessem em períodos regulares, significaria que a fábrica já estaria com todas as máquinas funcionando bem como as movimentações dos materiais também ocorreriam de forma normal, já que a tecelagem demandaria rolos engomados em períodos regulares, que por sua vez demandaria rolos do *rebeamer* também em períodos regulares, que demandaria cordas tintas do tingimento, e assim por diante.

Após simular o modelo por 3 vezes, chegou-se ao dado de que o período de *warm-up* fornecido pelas variáveis era de 150 horas. Essa decisão foi obtida após analisar o gráfico que é mostrado na **Figura 3.12** e perceber que nas três simulações os períodos começaram a se repetir. Como a simulação nada mais é que um conjunto de distribuições estatísticas (como, por exemplo, a quantidade de rolos que são destinados a Tatuí e que vão para a tecelagem da fábrica também é uma distribuição estatística), decidiu-se adotar um coeficiente de segurança de modo que esse tempo foi estendido para 192 horas, ou 8 dias, sendo o modelo rodado

então por 38 dias, já que o objetivo é verificar a produção mensal da fábrica, periodicidade do planejamento realizado pelo PPCP.

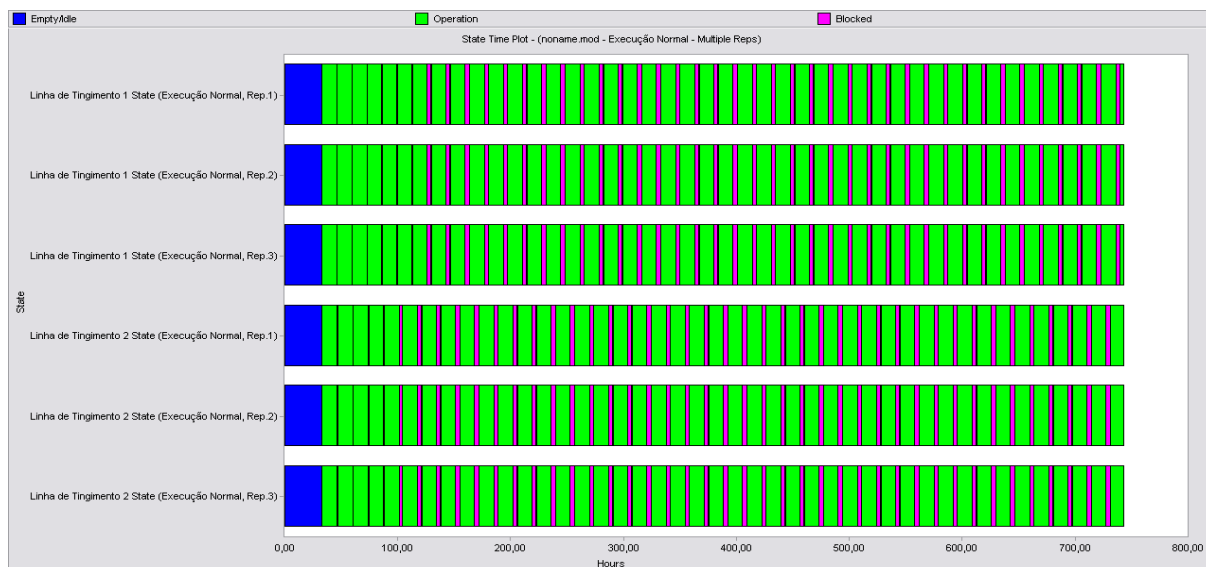


Figura 3.12: Status da linha de tingimento em função do tempo (extraído do software ProModel®)

Esse tempo de descarte é importante porque se não fosse descartado teríamos que a linha de tingimento ficou ociosa por um tempo, o que não é verdade visto que ou ela fica funcionando ou esperando a movimentação dos materiais da fase a frente. Essa alteração na porcentagem pode ser vista comparando as **Figura 3.13** e **Figura 3.14**, que mostra a porcentagem de tempo dos estados dos equipamentos.

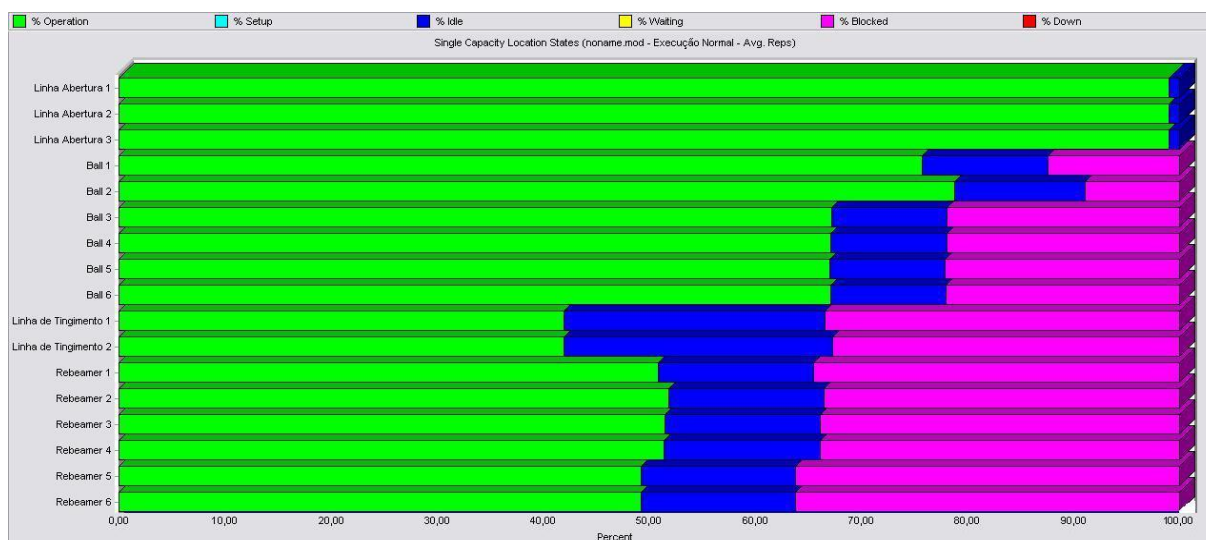


Figura 3.13: Utilização das máquinas sem o período de warm up (extraído do software ProModel®)

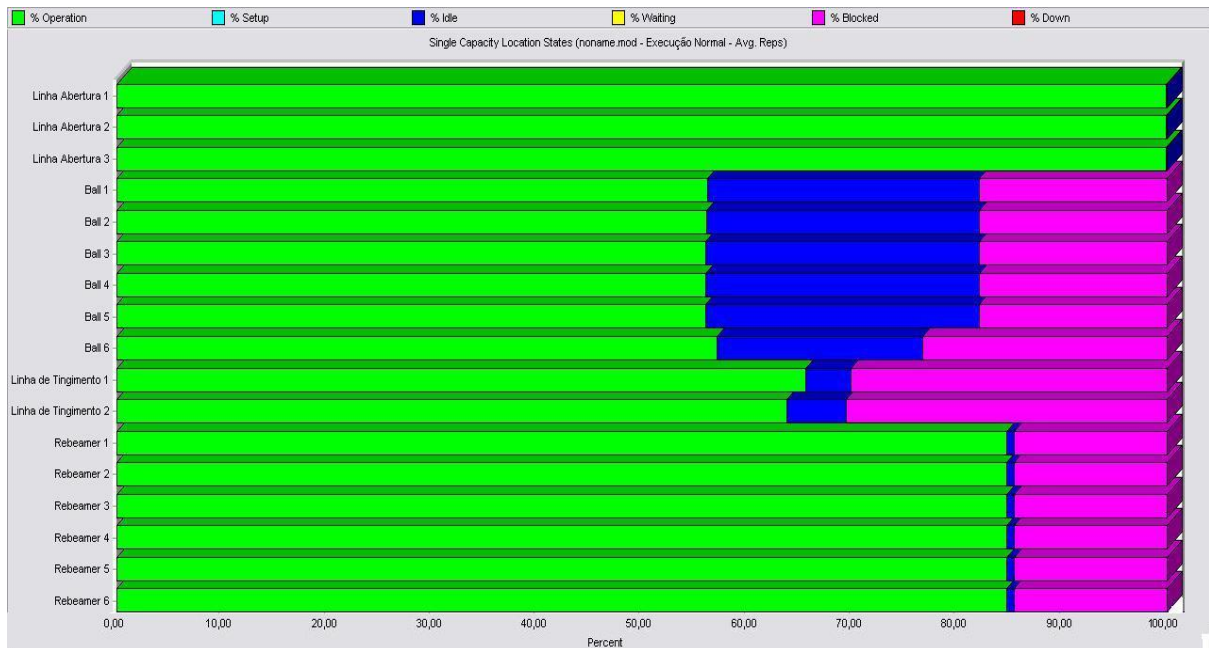


Figura 3.14: Utilização das máquinas com o período de *warm up* (extraído do software ProModel®)

O descarte do tempo de *warm up* mostra que há um menor período de ociosidade das máquinas e também de um maior bloqueio, o que significa que durante o período de *warm up* as máquinas ainda operavam. Isso significa que ainda havia disponibilidade nas áreas de estoque, o que não ocorre na realidade, onde os estoques intermediários ficam em níveis estáveis e ocorre uma produção puxada, ou seja, as máquinas operam assim que há alterações nos níveis de estoque.

3.6. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

A simulação comprovou que a tecelagem é o recurso gargalo do processo, visto que é o único recurso que está ocupado totalmente (destacado na cor amarela), como pode ser visto na **Figura 3.15**.

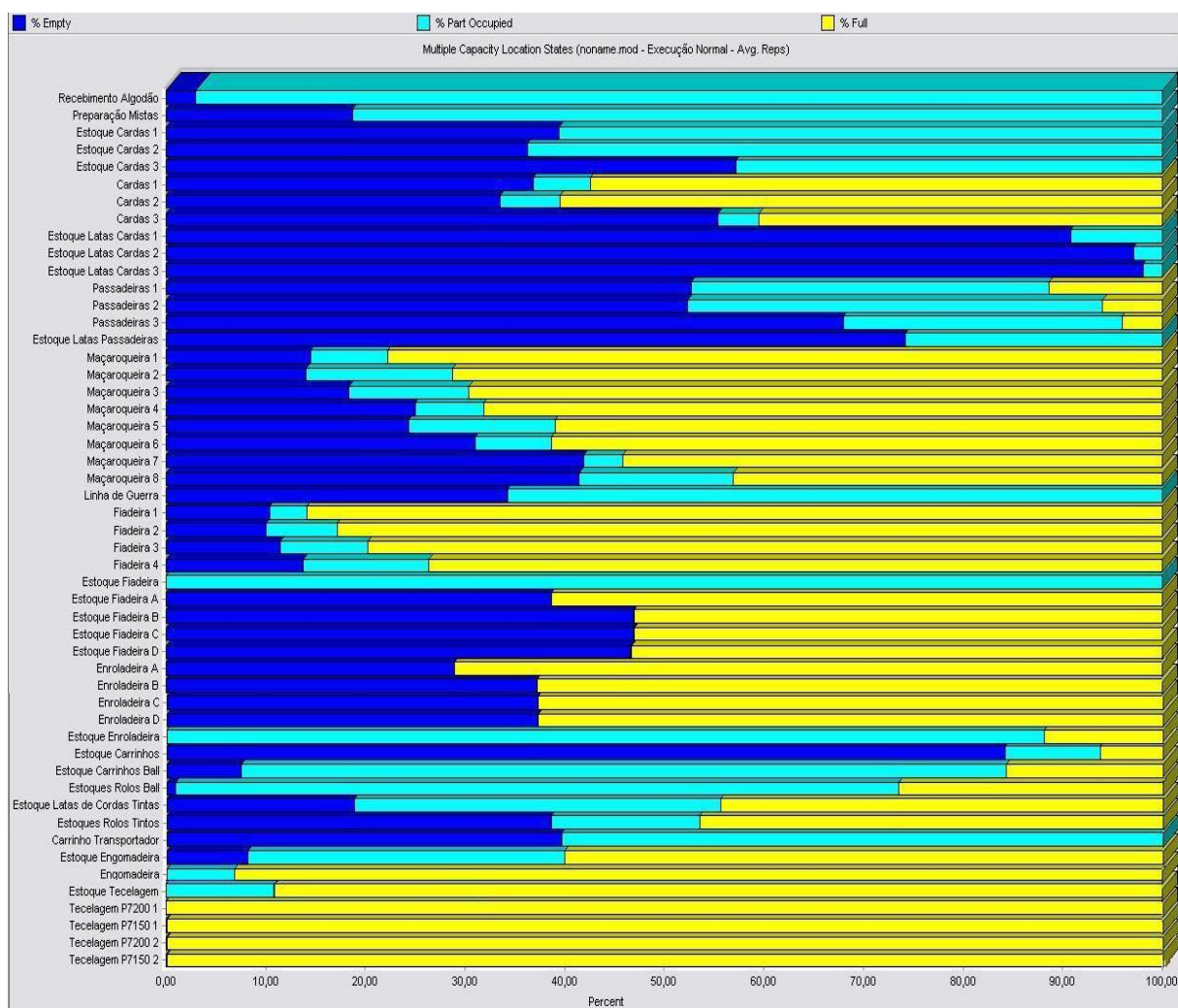


Figura 3.15: Utilização dos recursos de capacidade múltipla (extraído do software ProModel®)

Além disso, como pôde ser visto na **Figura 3.14**, as fases anteriores a tecelagem ficam bloqueadas em algum momento (destacado na cor rosa), ou seja, a produção era interrompida até que houvesse a liberação de espaço da área de estoque intermediário da fase seguinte.

O que é importante analisar também é o comportamento do estoque intermediário imediatamente antes da tecelagem. Por esta fase ser o gargalo da produção, é imprescindível que não haja em momento algum risco da produção da tecelagem parar por falta de matéria-prima, porque um minuto perdido no gargalo é um minuto perdido da linha de produção. Por esta razão, a análise do estoque no modelo atual e no modelo futuro podem indicar um parâmetro importante para mensurar pontos de atenção ou até mesmo transferência de gargalo, caso este estoque venha inclusive a zerar. A **Figura 3.16** mostra um histograma do número de rolos do estoque de rolos engomados.

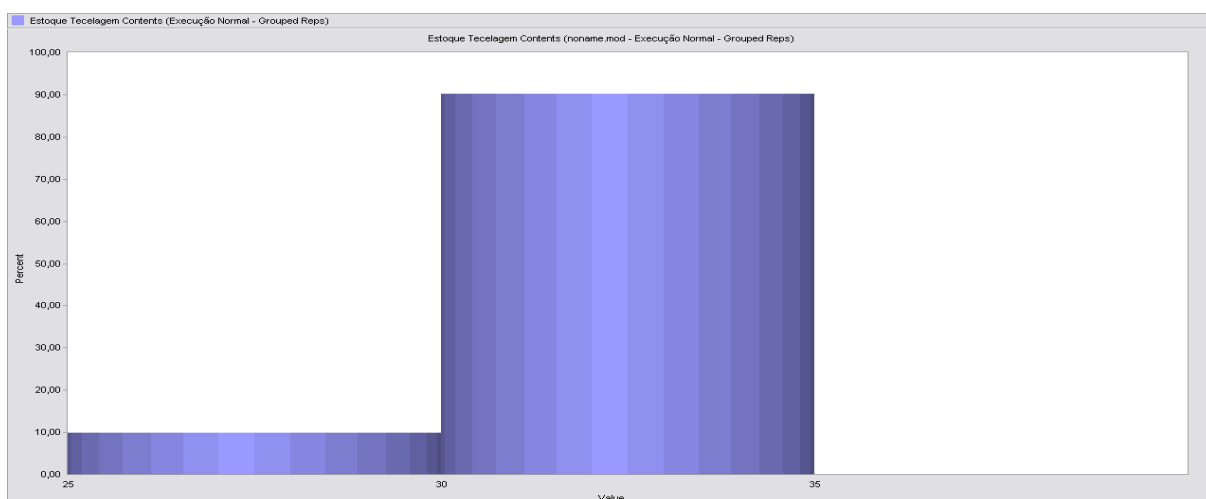


Figura 3.16: Histograma da quantidade de rolos engomados no estoque (extraído do software ProModel®)

É possível perceber que em 90% do tempo o estoque estava com sua capacidade totalmente preenchida (o que também pode ser observado na **Figura 3.16**, em que a entidade “Estoque Tecelagem” está indicando que grande parte do tempo ficou totalmente preenchida – cor amarela – e no restante do tempo parcialmente preenchida – cor azul).

Um parâmetro para auxiliar na comparação da situação atual e da futura é o incremento de rolos que poderão ser produzidos pela tecelagem a partir do aumento do rendimento. Isto mostrará o quanto de capacidade a tecelagem está perdendo atualmente devido à queda de rendimento do ano de 2010, e conseqüentemente, de demanda não atendida. A **Figura 3.17** mostra que foram produzidos 780 rolos de tecido com o rendimento de 82,1% das máquinas.

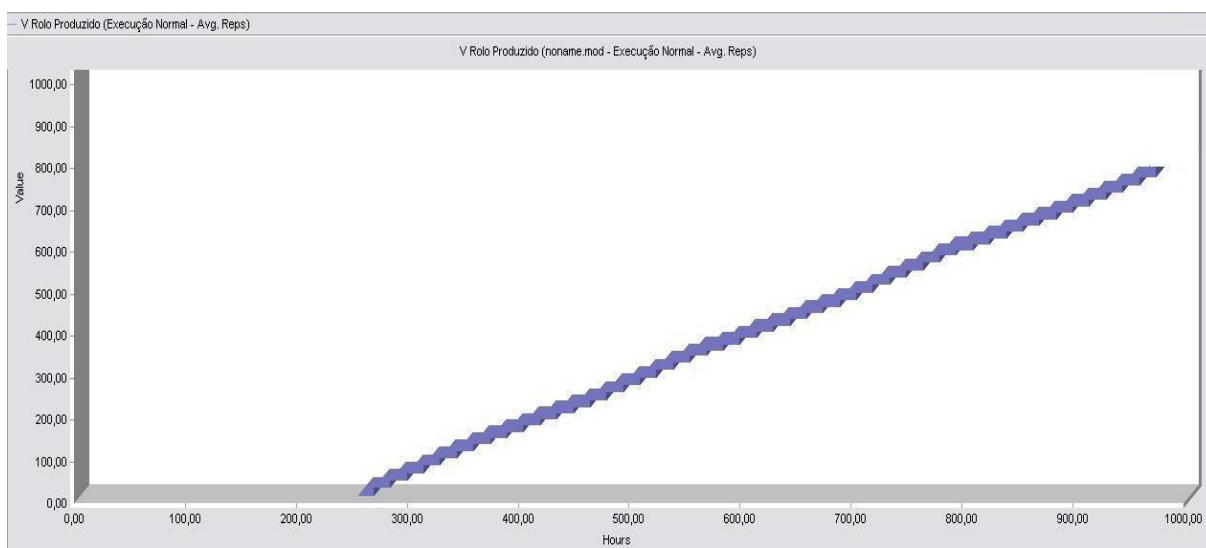


Figura 3.17: Quantidade de rolos produzidos pela tecelagem (extraído do software ProModel®)

3.7. ANÁLISE DO CAPÍTULO

Com os *outputs* da simulação, confirmou-se que o gargalo da produção é realmente a tecelagem, visto que foi o único recurso a ficar ocupado 100% do tempo e que antes dessa fase houve bloqueios e ociosidade dos demais recursos, como os casos da “Engomagem”, “Rebeamer”, “Linha de Tingimento” e “Ball”. Quando houver o aumento do rendimento, será de importante comparação verificar a redução do bloqueio, ou também verificar se um recurso deixará de ter um tempo ocioso e passará a ser usado, ou se a própria tecelagem passará a ter tempo ocioso.

Também é importante destacar que os resultados obtidos na simulação ficaram bem próximos do real, mostrando que o modelo foi aderente a realidade e que o *Turing Test* com os gerentes das áreas trouxe a validação necessária ao modelo.

4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA PRODUÇÃO APÓS O AUMENTO DO RENDIMENTO NA TECELAGEM

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo tem como finalidade apresentar as fases 7 a 10 do modelo de PORTO e LOBÃO, que se referem ao planejamento, realização, escolha da melhor alternativa e conclusão dos experimentos. O ponto de partida deste capítulo é o planejamento do estudo de caso até a interpretação dos resultados e formulação de alternativas que serão estudadas. A partir da simulação e análise de cada alternativa, tomar-se-á a decisão da melhor alternativa.

4.2. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

O planejamento do estudo de caso será realizado o estudo de caso para o aumento do rendimento na tecelagem. Após a simulação do modelo e a análise dos principais problemas que podem ocorrer com o aumento do rendimento, como, por exemplo, a transferência do gargalo para outra fase ou falta de recursos para o transporte da matéria-prima. O planejamento será fácil: apenas serão alterados os tempos de processamento na fase da tecelagem e, então, a simulação será rodada e analisada, comparando também com a situação atual. Após a simulação, será necessário verificar como o modelo se comportou e fazer uma análise crítica das principais alterações em relação ao modelo atual validado.

4.3. REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Este experimento consiste no aumento do rendimento da tecelagem para verificar primeiramente quantos rolos de tecido poderiam ser produzidos a mais do que a situação

atual. Juntamente com essa análise, também serão verificadas alterações em relação à utilização do equipamento, comparando a porcentagem de utilização do equipamento com a situação do **item 3.6**, bem como o tempo de bloqueio e de ociosidade.

Essa análise permitirá verificar se há possibilidade de transferência do gargalo, não pela capacidade de produção, que foi provada no **item 1.1** que é a tecelagem, mas pelo fator rendimento, que faz com que a capacidade não seja totalmente aproveitada. A identificação de um novo gargalo será útil para direcionar previamente os esforços da Engenharia de Produção da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste a fim de não se perder produtividade quando o índice da tecelagem atingir os patamares programados.

A realização do experimento ocorrerá através da alteração dos tempos de processamento da tecelagem, visto que o aumento no rendimento significa redução no tempo de paradas não-programadas, e conseqüentemente, uma menor duração no tempo do produto na fase. O tempo foi calculado eliminando as perdas de rendimento que ocorrerão na tecelagem caso os projetos que vem sendo desenvolvidos pela empresa gerem resultado. Portanto, o tempo de operação na tecelagem, ao invés de ser o indicado de 194 horas para os teares P7200 horas em média será reduzido para 185,1 horas e de 197 horas para 188 horas para os teares P7150.

Para esse experimento, todas as outras variáveis foram mantidas iguais para que fosse possível analisar as mudanças em relação exclusivamente a esse parâmetro. A segunda fase do experimento consistirá em comparar os resultados obtidos com a simulação do **item 3.6** para verificar quais serão os principais impactos dessa variação e buscar alguma sugestão de projeto para resolução ou minimização dos possíveis problemas que o aumento do rendimento trará para a produção da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste.

4.3.1. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO EXPERIMENTO

A simulação do experimento mostrou, através dos gráficos de *status* dos equipamentos, que grandes alterações ocorrerão com o aumento da tecelagem. A **Figura 4.1** mostra as porcentagens de tempo em que os equipamentos de capacidade unitária ficaram

operando (cor verde), ociosos (cor azul) e bloqueados, ou seja, esperando a liberação de espaço do estoque (cor rosa).

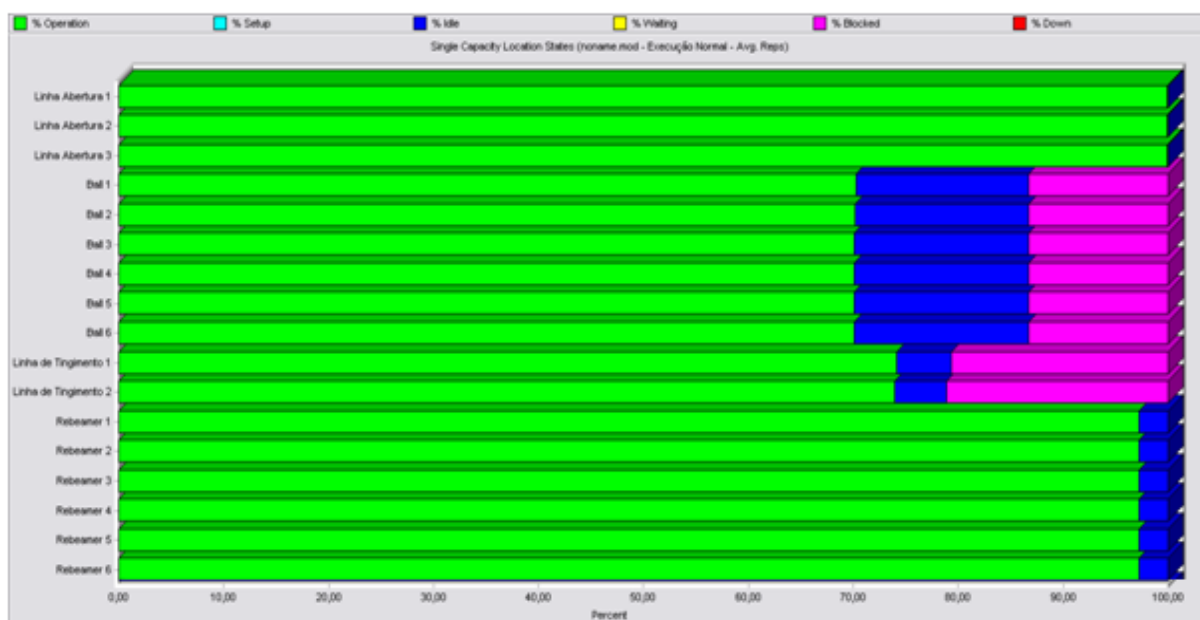


Figura 4.1: Utilização das máquinas de capacidade unitária (extraído do software ProModel®)

Comparando a **Figura 4.1** e a **Figura 3.14**, pode-se perceber que houve uma redução do tempo de bloqueio das fases anteriores a tecelagem, desaparecendo inclusive no caso do *Rebeamer*, que na situação atual passa aproximadamente 15% do tempo bloqueado, que foram divididos na situação futura entre tempo de espera de material e tempo operando.

A redução do tempo de bloqueio, e por consequência, o aumento do tempo de operação dos equipamentos também pode ser vista nas fases do *Ball* e da Linha de Tingimento, que devido ao aumento do rendimento da tecelagem tiveram que produzir mais devido ao aumento de consumo de produtos na fase gargalo da linha de produção, mostrando que a situação futura com a recuperação do rendimento da tecelagem aos padrões recomendados trará dinamismo para a produção, reduzindo o tempo de bloqueio dos equipamentos.

É importante notar também as alterações que ocorreram nas fases de capacidade múltipla, como mostra a **Figura 4.2**. A tecelagem permaneceu operando com sua capacidade máxima em 100% do tempo, mas as principais alterações de cenário quando se compara a **Figura 4.2** com a **Figura 3.16**. A engomadeira foi um recurso que antes operava com sua

capacidade máxima (representado pela cor amarela) apenas 92% do tempo, no cenário futuro passou a operar nessas condições em 100% do tempo.

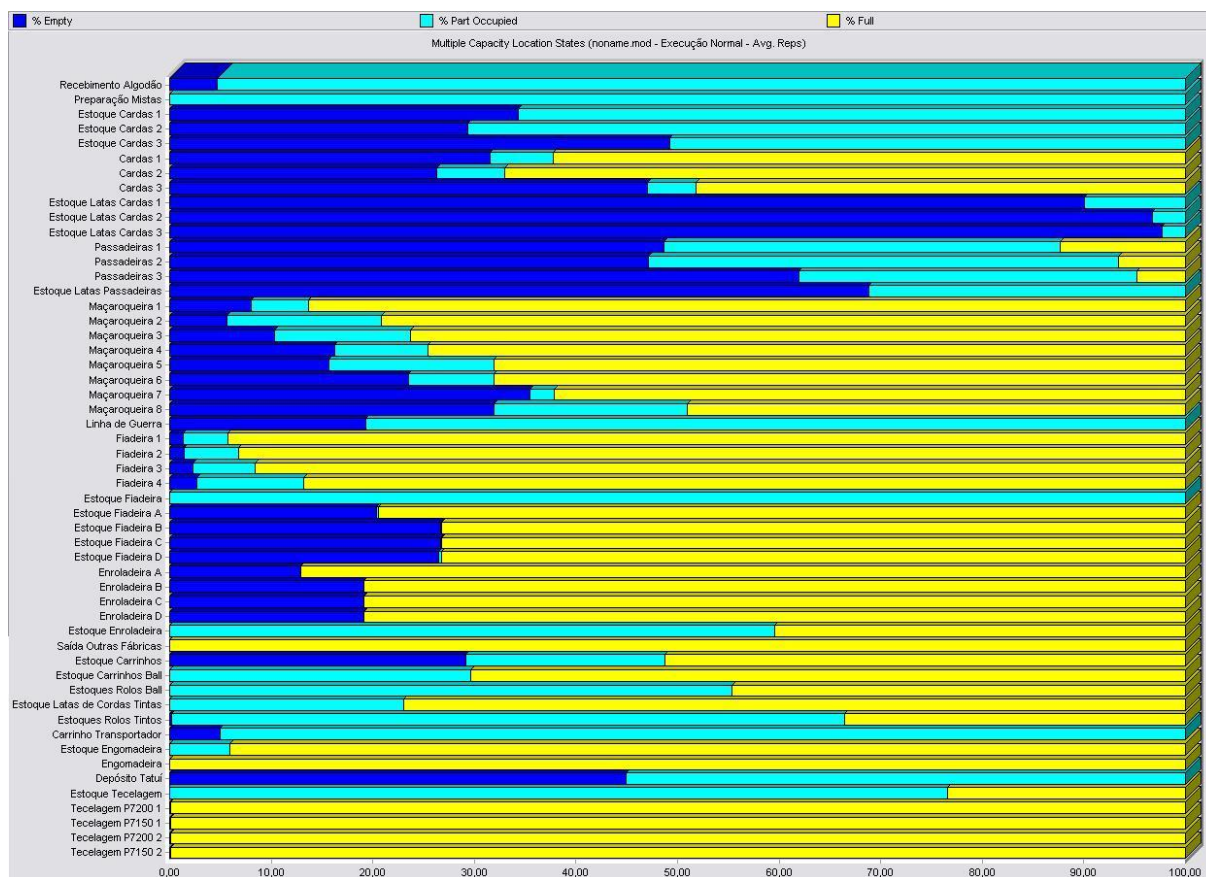


Figura 4.2: Utilização das máquinas de capacidade múltipla (extraído do software ProModel®)

Deve-se realizar também a análise do aumento de *outputs* da fase em que ocorreu o aumento do rendimento, para verificar o ganho que os 4,9% do aumento de rendimento previstos para o ano de 2011 trará para a empresa. Essa análise deve ser feita comparando a **Figura 3.17** com a **Figura 4.3**. Enquanto na situação atual a tecelagem consegue produzir 780 rolos segundo os dados da simulação, na situação com a melhora este número sobe para 818 rolos, o que significa um aumento de 5%, ou 327 km dos rolos tecidos na tecelagem, mostrando que realmente há um ganho real e significativo de produtividade nesse aumento.

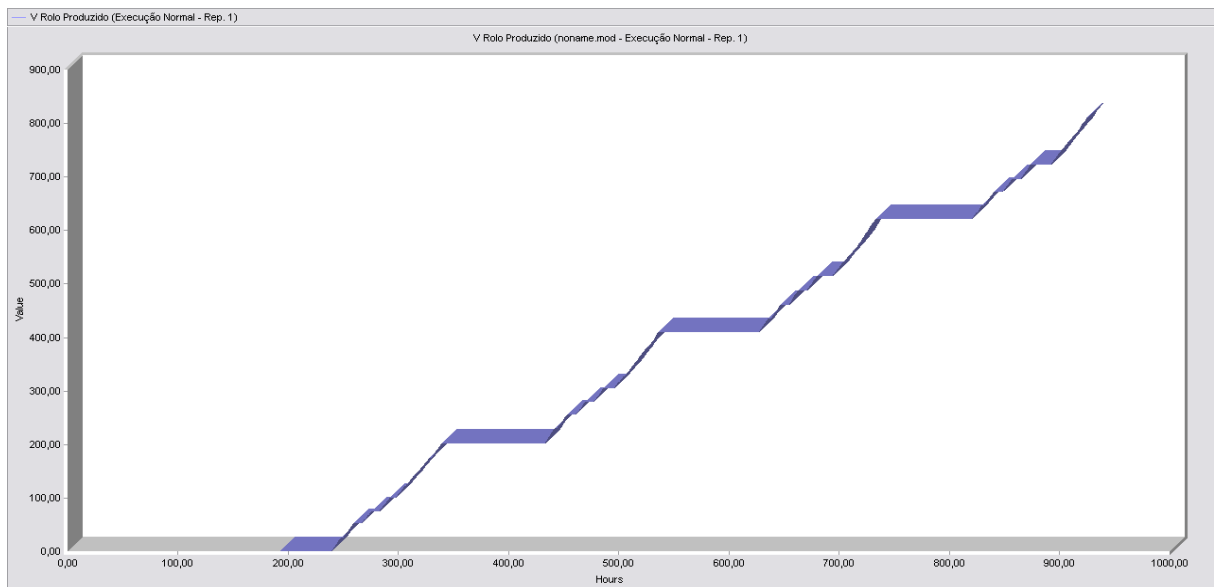


Figura 4.3: Produção de rolos pela tecelagem da fábrica (extraído do software ProModel®)

Outro ponto de destaque foi a utilização do estoque da tecelagem, ou seja, de rolos engomados que servem de *input* para a tecelagem. Enquanto na situação atual o estoque fica com sua capacidade máxima de ocupação durante 88% do tempo, na situação futura essa porcentagem caiu para 21%, sendo que o restante ficou apenas parcialmente ocupado. A **Figura 4.4** traz um histograma da quantidade de rolos engomados no estoque da tecelagem. Quando esse histograma é comparado com o histograma da situação atual (**Figura 3.16**), é possível perceber que o aumento da tecelagem acarretará em uma oscilação no número de rolos engomados, o que não ocorre na situação atual.

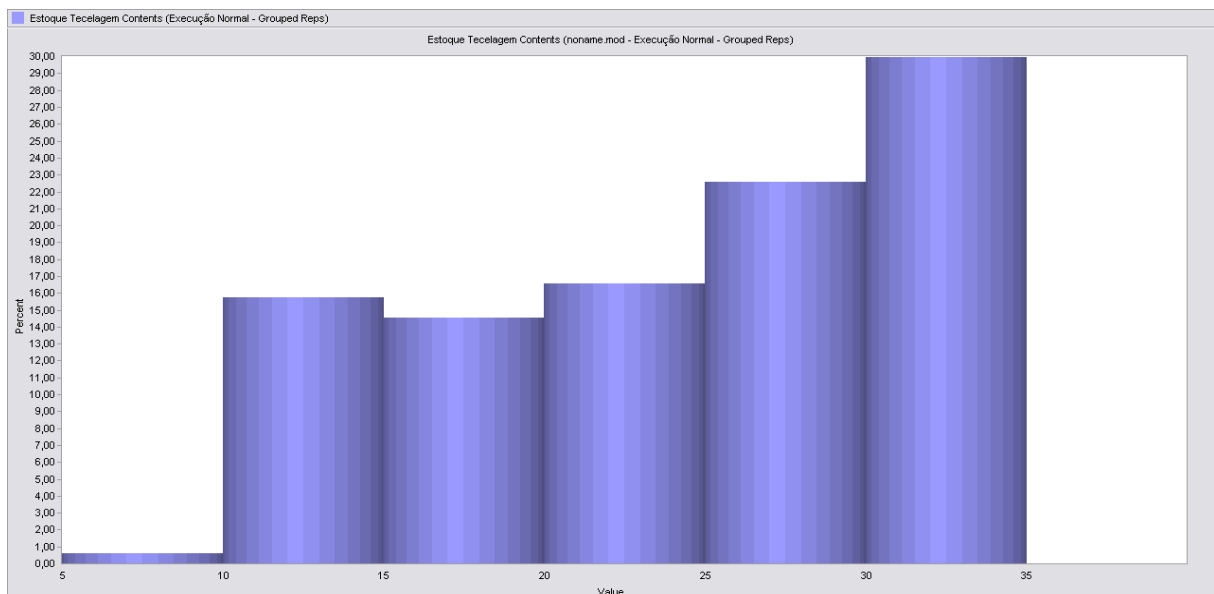


Figura 4.4: Histograma da quantidade de rolos engomados no estoque (extraído do software ProModel®)

Essa comparação mostra que a tecelagem continua sendo o gargalo da produção, já que continua sendo o equipamento que bloqueia as fases anteriores e ainda é capaz de gerar estoque imediatamente antes dela, visto que apesar do estoque não permanecer mais na capacidade máxima durante a maior parte do tempo, ainda há um nível de estoque e a máquina não pára por falta de rolo engomado proveniente da engomadeira.

Apesar do estoque ficar 99% do tempo acima da quantidade de 15 rolos engomados (a capacidade é de 32 rolos), houve uma redução significativa da quantidade estocada, o que pode, em um imprevisto de quebra de equipamento e necessidade de manutenções corretivas demoradas, fazer com que o estoque baixe a níveis preocupantes ou até mesmo chegue ao nível zero, o que geraria paradas por ociosidade da tecelagem, e com isso, perda na linha de produção como um todo por se tratar de uma perda ocorrida no gargalo. Por esse motivo, essa flutuação do nível de estoque deve ser considerado um ponto de atenção que merece ser estudado para que o nível volte a capacidade máxima, já que é imprescindível que o fornecimento de material para o funcionamento da tecelagem sempre ocorra, impedindo que a fase gargalo pare por falta de *input*.

4.3.2. ALTERNATIVAS PARA O PROBLEMA DA ENGOMADEIRA

A simulação não serve apenas para visualizar animações e tentar prever problemas, mas também é possível se fazer o estudo de possíveis soluções para esses problemas. Uma vez que se determinou que a engomagem pode se tornar um problema para a fábrica, deve-se aproveitar a simulação e tentar antever resultados de projetos, formulando alternativas que devem ser testadas e dependendo do resultado se tornar projetos concretos.

A preocupação ao simular o modelo do experimento foi verificar que o estoque de rolos engomados teve uma oscilação que não havia antes, já que o estoque de rolos engomados sempre estava na capacidade máxima do estoque. Com isso, pode-se pensar em casos que explorariam variabilidades possíveis no processo. Como o problema apontado é a falta de rolo para a tecelagem, a alternativa que será estudada alterará o tamanho do rolo que atualmente é de aproximadamente 2,5 km.

Na alternativa, o rolo médio do tecido diminuirá para 1,75 km. A redução do lote visa principalmente uma entrega mais imediata dos tecidos, para que o fornecimento de rolos engomados seja mais freqüente e deste modo, a chance de um tear não operar por falta de matéria-prima diminui. A outra vantagem, que não faz parte do estudo do projeto, mas que pode ser sugestão para um trabalho mais detalhado é possibilitar uma maior flexibilização dos produtos entregues, visto que se os rolos são menores, os *setups* poderão ocorrer com mais frequência e assim troca de títulos e corantes poderão ocorrer a cada *setup*.

Em contrapartida, ocorrerão mais movimentações na fábrica, o que pode tornar o processo mais lento e fazer com que o fornecimento de rolos engomados na tecelagem acabe se tornando mais espaçado ou até com o mesmo intervalo, o que será ruim visto que cada troca de rolo impacta em parada de máquina e, conseqüentemente em tempo não produtivo.

Este estudo procurará verificar se essa alteração trará resultados positivos para a fábrica ou se o melhor é manter o tamanho do lote e buscar outros projetos como aumentar o rendimento da fase da engomagem para garantir o nível de segurança do estoque de rolos engomados. O modelo será simulado com essa mudança de parâmetro, que impactará no recálculo dos tempos a partir do rendimento. O tempo somente será alterado nas fases em que o produto da fase já está na forma de fio, já que nas três primeiras fases (carda, passadeira e maçaroeira) o produto processado ainda pode ser ter seu comprimento alterado, o que não ocorre nas outras fases. Esse cálculo será feito teoricamente, através do produto da velocidade do equipamento, do rendimento da fase e da metragem do produto. Os novos tempos são mostrados na **Tabela 4.1**.

Tabela 4-1: Tempos de Processamento das fases em função do tamanho do lote (elaborado pelo autor)

Processo	Lote = 2,5km	Lote = 1,75km
Maçaroeira	155 min	108,5 min
Fiadeira	60 min	42 min
Enroladeira	75 min	52,5 min
Ball	61,5 min	43,05 min
Tingimento	13 h	9,1 h
Rebeamer	100 min	70 min
Engomadeira	5,5 h	3,85 h
Tecelagem P7200	185,1 h	130 h
Tecelagem P7150	188 h	131 h

Os novos tempos mostrados na **Tabela 4.1** serão substituídos no modelo e simulados, e em seguida, comparados com os resultados obtidos no **item 4.3.1** para a decisão de que se a alteração do tamanho do lote é válida ou não para a resolução do problema.

4.3.2.1. ESCOLHA DA MELHOR ALTERNATIVA

A decisão do modelo indicará se alterar o tamanho do lote será uma possível resolução para a oscilação do nível de estoque da tecelagem ou o melhor a se fazer é manter o tamanho e se pensar em outro projeto, como um que aumente o rendimento igual o que foi pensado pela empresa no ano de 2010 para a tecelagem.

Os critérios de escolha se basearão principalmente na estabilização do nível dos rolos engomados no estoque antes da tecelagem e na metragem produzida ao final da simulação, visto que apenas a comparação de rolos produzidos levaria a uma distorção visto que o rolo de 1,75 km demora menos tempo para ser produzido.

Vale ressaltar que, caso seja concluído de que a alteração do tamanho do lote não trará benefícios para a fábrica, a decisão será manter o tamanho atual do lote porque, como foi dito, a alteração do tamanho do lote também impactará em uma alteração no PPCP da fábrica.

Outra observação é que essa alternativa proposta é só uma sugestão de projeto que, caso conclua-se que a redução do lote trará ganhos para a empresa, não excluirá a possibilidade de realização de outros projetos simultaneamente com o aprofundamento do projeto de redução de lote, visto que essa é uma primeira análise que não trará todos os detalhes necessários para a implantação do projeto, mas somente uma sugestão para contornar a possibilidade de falta de *input* para a tecelagem.

Foi simulado o modelo e com os novos tempos indicados na **Tabela 4.1**, pôde-se observar algumas mudanças, principalmente quanto à utilização do estoque de rolos engomados que serve de *input* para a tecelagem. A **Figura 4.5** traz o gráfico da porcentagem de utilização das *locations*. O que se pode concluir do gráfico é que a tecelagem não teve redução de tempo de operação, ficando 100% do tempo utilizada, assim como a engomadeira. Por isso, é necessário analisar com detalhes como se deu a utilização dos equipamentos, isto é, se estavam com material bloqueado esperando a movimentação da fase seguinte ou estavam operando. A **Figura 4.6** e a **Figura 4.7** mostram os *status* das *locations*:

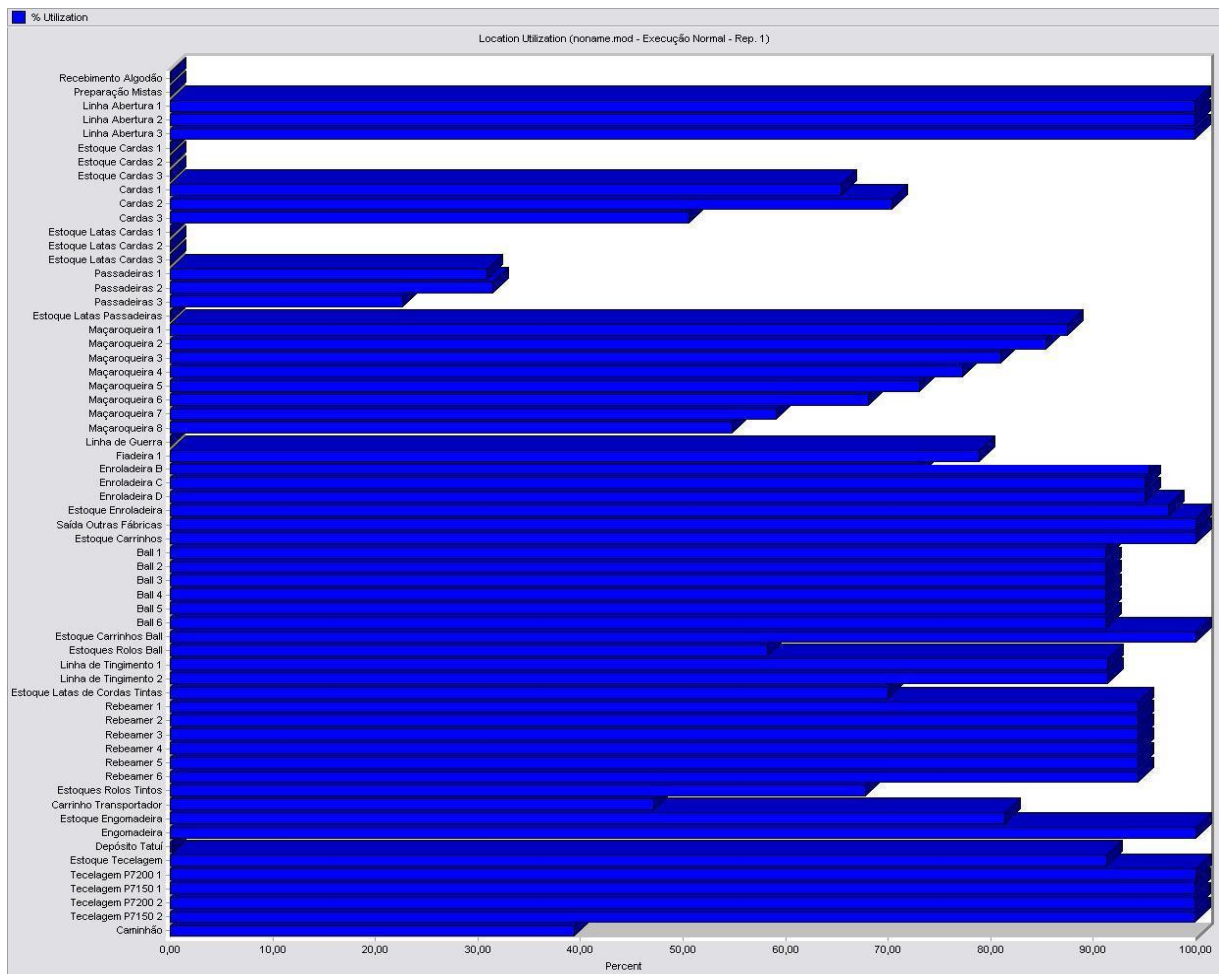


Figura 4.5: Utilização das máquinas com o novo tamanho de lote (extraído do software ProModel®)



Figura 4.6: Utilização das máquinas de capacidade unitária com o novo tamanho de lote (extraído do software ProModel®)

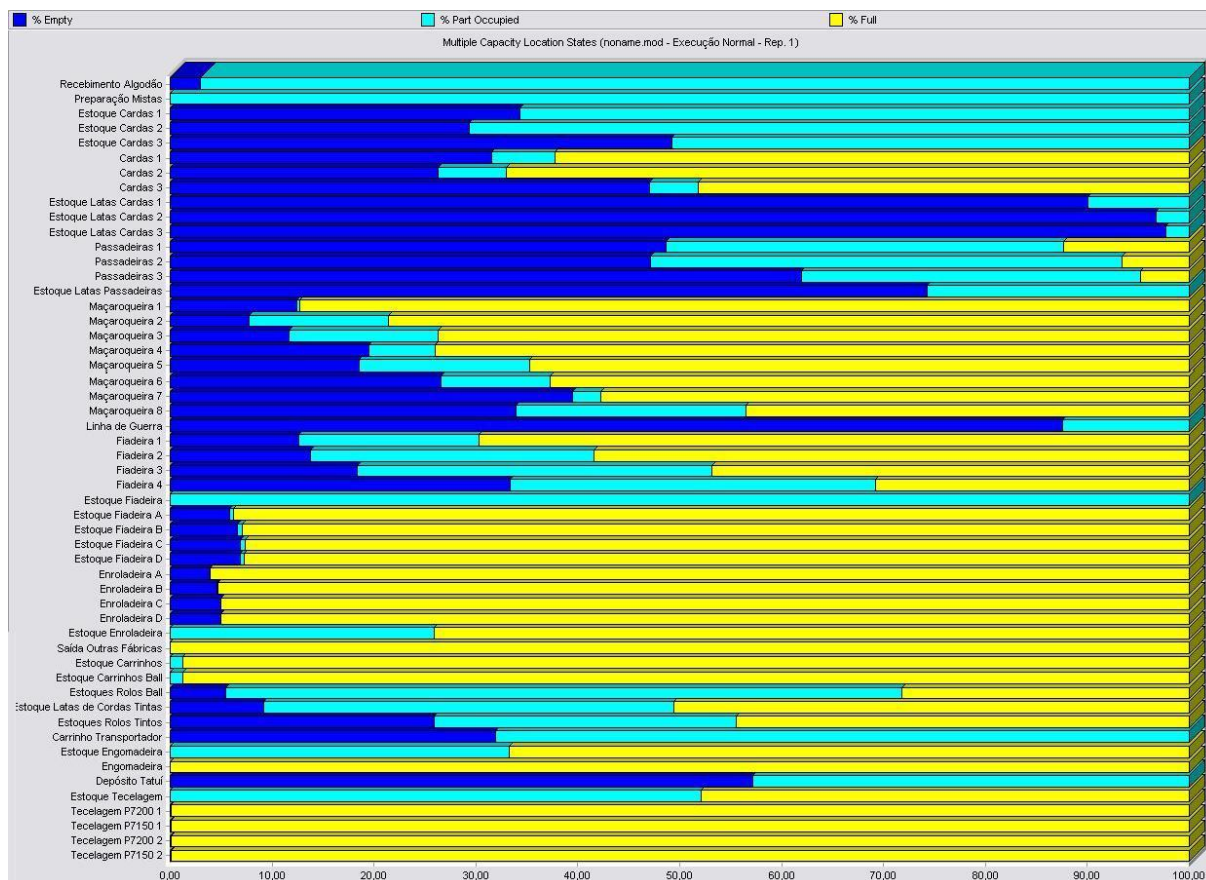


Figura 4.7: Utilização das máquinas de capacidade múltipla com o novo tamanho de lote (extraído do software ProModel®)

Percebe-se que as fases anteriores à engomadeira voltaram a sofrer bloqueios (cor rosa da **Figura 4.6**), o que não ocorria no lote de 2,5km. Além disso, ao comparar a **Figura 4.7** com **Figura 4.2** percebe-se que o “Estoque Tecelagem” teve um aumento do tempo de simulação com a capacidade total (subiu de 23% para 48%). Entretanto, apenas essa análise não é suficiente para indicar se o nível em geral da quantidade de rolos engomados no estoque é suficiente para garantir que diante de um imprevisto, a produção da tecelagem não terá que parar por falta de material, porque o período de 52% que o estoque ficou parcialmente ocupado, as quantidades de rolos engomados podem ter sido extremamente baixas, de modo que qualquer parada seria suficiente para esse estoque chegar ao nível zero..

Essa análise deveria ser feita comparando os histogramas mostrados na **Figura 4.4** e **Figura 4.8**, e verificar se o nível do estoque ficou mais tempo próximo da capacidade máxima ou ainda houve a distribuição da **Figura 4.4**, em que a barra do histograma correspondente a capacidade máxima estava com o valor de 30%.

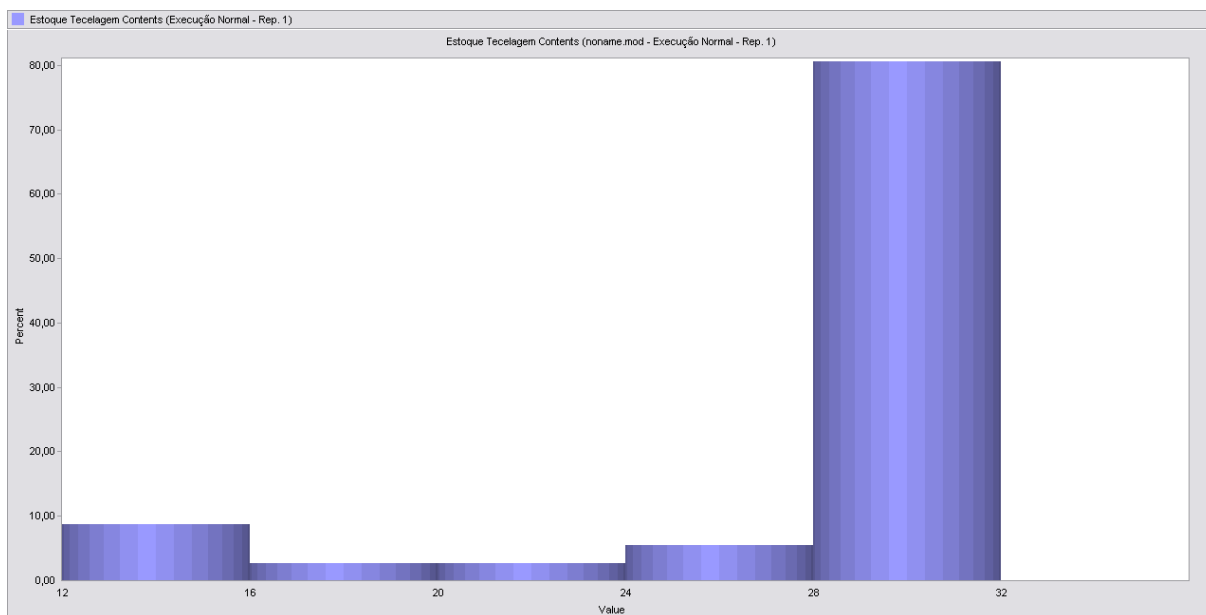


Figura 4.8: Histograma da quantidade de rolos engomados no estoque com o novo tamanho de lote (extraído do software ProModel®)

Pode-se perceber que o estoque ficou 80% do tempo entre os níveis 30 e 32, que corresponde a capacidade máxima. Já os outros 20% estão distribuídos, mas de acordo com o histograma não chegam a 10% do tempo, de modo que pode sim ser concluído que a redução do tamanho do lote é uma alternativa válida quanto a disponibilidade do estoque de rolos engomados.

Entretanto, de nada adianta a tecelagem conseguir estar 100% do tempo operando se a produção final for menor. Afinal, o produto da empresa é rolos de tecidos e não tecelagem em operação. Por isso, uma análise da produção da tecelagem com o novo tamanho de lote reduzido é imprescindível para validar a alternativa de redução do tamanho do lote. Além disso, é importante lembrar que a engomagem é responsável pela produção de rolos engomados que são enviados para Tatuí, de modo que se essa quantidade engomada for menor do que a quantidade do modelo atual. Por isso, além de comparar a **Figura 4.8** com a **Figura 4.3** (produção de rolos na tecelagem), deve-se também comparar a **Figura 4.10** com a **Figura 3.10** (rolos engomados enviados para Tatuí e para a tecelagem de Santa Bárbara D'Oeste).

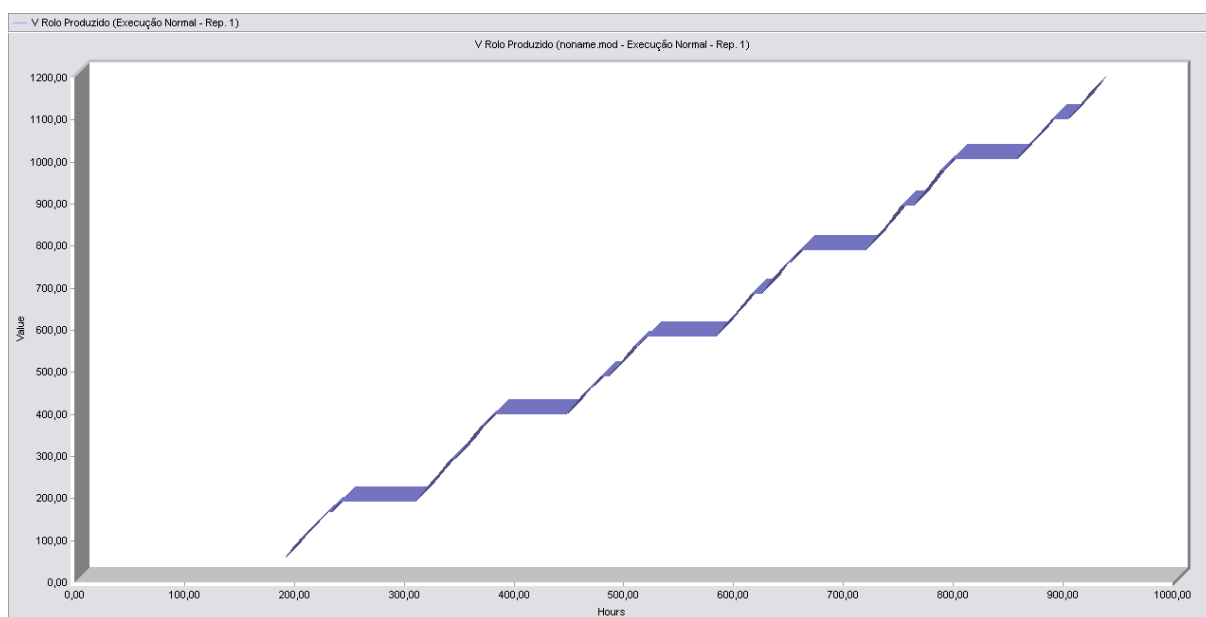


Figura 4.9: Produção de rolos pela tecelagem da fábrica com o novo tamanho de lote (extraído do software ProModel®)

A partir da **Figura 4.8**, o modelo indica que com o novo tamanho de lote é possível produzir 1169 rolos, o que corresponde a 2045,75km de tecido, o que representa a mesma quantidade do modelo com o lote de 2,5km, mostrando que a redução do tamanho do lote não impactaria na produção final de tecido da fábrica, sendo, portanto, a alternativa validada também nesse quesito.

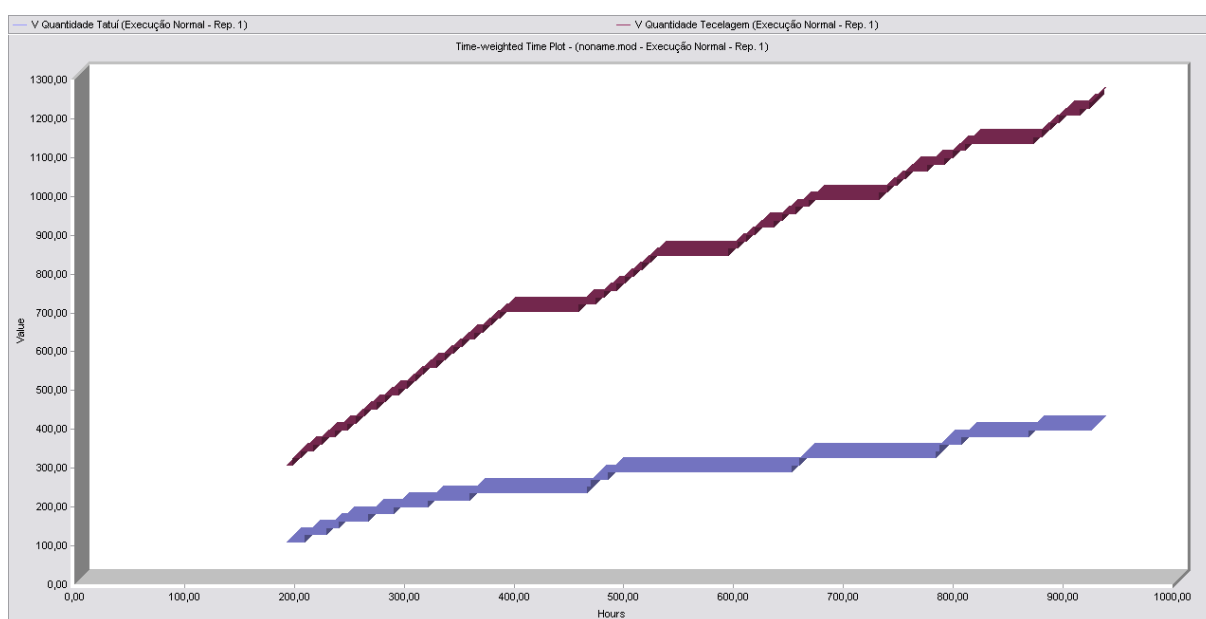


Figura 4.10: Rolos enviados para Tatuí e para a tecelagem da fábrica como novo tamanho de lote (extraído do software ProModel®)

A última validação da alternativa de redução dos rolos é baseada na **Figura 4.10**, que mostra que foram enviados para a tecelagem da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste 1242 rolos, ou 2173,5km, quantidade suficiente para a produção da tecelagem (mais uma vez o modelo se mostrou coerente por não tecer mais quilometragem que o produzido na fase anterior, e assim foi realizado mais um teste de verificação do modelo mesmo que indiretamente). Além disso, a quantidade enviada para Tatuí corresponde a 396 rolos, ou 693 km com o tamanho do lote de 1,75km. No primeiro modelo construído, que mostrava a situação atual da fábrica, os números fornecidos pela simulação foram 270 rolos, ou 675 km. Assim, também se pode concluir que em relação ao envio de rolos para a fábrica de Tatuí a redução do tamanho do lote também não será um problema.

Deste modo, pode-se concluir que a redução do tamanho dos lotes é uma alternativa válida para a estabilização do nível do estoque de rolos engomados, e que deve ser levada em consideração na formulação de projetos que visarão à melhoria contínua e até mesmo nos “Projetos PDCA” no ano de 2011.

4.4. ANÁLISE DO CAPÍTULO

O aumento da tecelagem afetará o andamento da linha de produção, mas apesar do aumento, esta fase continuará sendo o gargalo do sistema. Entretanto, com os atuais rendimentos da engomadeira obtidos através do Standard Industrial que foi revisado no início do ano, poderá fazer com que a tecelagem comece a ficar ociosa devido a falta de rolos engomados. O estoque de rolos engomados começou a flutuar, o que não ocorria antes, tendo até mesmo que em alguns momentos aumentar a quantidade de rolos enviados para Tatuí para dar vazão a produção da engomadeira.

Com a flutuação observada, não se pode garantir que uma quebra inesperada da engomagem possa fazer com que o estoque caia a um nível abaixo do de segurança, e desta forma realmente ocorrer a parada da tecelagem por falta de material.

A partir dos resultados do modelo em que se alterou somente o rendimento da tecelagem, a recomendação é que projetos de melhoria do rendimento também sejam feitos na fase da Engomadeira. Além disso, deve-se estudar para 2012 investimentos no maquinário, seja para a fábrica de Santa Bárbara D'Oeste seja para Tatuí caso o cenário previsto no

modelo se concretize continuamente. Com o investimento de uma engomadeira em Tatuí, a demanda pela engomagem da fábrica estudada diminuirá consideravelmente. Caso o investimento seja feito em Santa Bárbara, a capacidade da engomagem será aumentada e assim a produção será dividida.

Após o aumento do rendimento, também foi possível perceber que também, além da possibilidade de investimentos e projetos de diminuição das perdas, há um estudo de alterar a forma como o subproduto é processado, como foi visto no **item 4.3.2.1** que mostrou que a redução do tamanho do lote em 0,75 km poderá estabilizar o nível de estoque de rolos engomados.

5. CONCLUSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas e as recomendações para futuros trabalhos, apresentando os resultados obtidos com a aplicação das ferramentas propostas na linha de manufatura, as contribuições fornecidas com a elaboração deste trabalho e propondo sugestões para futuros trabalhos em aprimoramento de processos.

5.2. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

Este experimento de simulação serviu para mostrar que a capacidade da fábrica nem sempre corresponderá ao gargalo da linha de produção. É necessário verificar também qual é a capacidade que está efetivamente sendo aproveitada, pois em todo processo há perdas e caso elas ocorram de forma exagerada ou acima do previsto, haverá a subutilização do maquinário e perdas de produção que poderiam ser evitadas.

No estudo deste trabalho, a tecelagem é a fase que possui a menor capacidade. Com os atuais rendimentos da fábrica de Santa Bárbara D'Oeste, chegou-se a conclusão através da primeira simulação de que efetivamente a tecelagem era o recurso que estava limitando a produção, ou seja, os recursos antes dela ficavam bloqueados porque não havia espaço de estoque intermediário para o escoamento dos subprodutos das fases.

Quando o rendimento da tecelagem foi alterado para um nível superior ao que vem sendo praticado, percebeu-se uma mudança no cenário da produção, com o estoque de rolos que fica imediatamente antes da tecelagem oscilando, o que no primeiro modelo simulado não ocorria, ficando sempre em sua capacidade máxima de estocagem. Isso foi importante para verificar a importância de sempre conseguir mensurar as perdas que ocorrem no processo para que seja possível saber quanto de capacidade está sendo perdida e acabe ocorrendo na linha de produção um gargalo devido às perdas e não a capacidade teórica instalada.

Também se conseguiu obter que através da redução do tamanho do lote para 1,75 km, esse problema potencial da engomagem conseguiria ser minimizado, já que os resultados mostraram a estabilização do nível de estoque de rolos engomados, o que minimiza a chance da tecelagem não operar por falta de material.

É importante ressaltar que a análise desse projeto não levou em conta o dimensionamento da mão-de-obra, as possíveis diferenciações que se pode fazer no produto final devido a flexibilização da linha de produção (ou seja, é possível com a redução do tamanho do lote produzir mais tipos de coloração de tecidos e desta forma ter uma gama maior de produtos a serem entregues em menor tempo para os clientes), o que também é um projeto futuro a ser estudado pelo PPCP da empresa, juntamente com a área comercial que pode alterar a negociação dos produtos com os clientes.

Também deve ser destacado que projetos para melhorar o aproveitamento da engomadeira não devem ser descartados, bem como em nenhuma fase deve ser descartado, visto que um aumento de rendimento da engomadeira com a melhoria contínua da tecelagem pode também transferir o problema do gargalo para outra fase produtiva.

É importante verificar que há na fábrica estudada, assim como em qualquer fábrica, perdas no processo e capacidade teórica não aproveitada, de modo que caso se consiga aproveitar essas perdas investimentos sejam desnecessários.

5.3. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

A simulação computacional mostrou ser uma ferramenta extremamente eficaz para a previsão de resultados onde ainda não é possível obter dados reais. Porém, ficou evidente durante o estudo que, por não ser algo trivial, são necessárias pessoas bem treinadas e capacitadas para que os resultados sejam satisfatórios.

É importante ressaltar que seria praticamente impossível chegar a estas conclusões com a velocidade e a precisão que a simulação oferece. Através do modelo simulado e das variações de parâmetros intencionais que ocorreram (como foi a diminuição do tempo de processo da tecelagem), pôde-se perceber que a fase da engomagem se tornou uma fase com problemas potenciais, visto que o fornecimento de subprodutos para a etapa gargalo passou a não ser garantido devido a oscilações. A simulação neste caso serviu de alerta para que

projetos de diminuição de perda na máquina engomadeira comecem a ser feitos e não seja necessário somente descobrir esses problemas quando o aumento do rendimento da tecelagem ocorrer de fato.

Porém a maior contribuição deste trabalho foi a possibilidade de simular mudanças de capacidade produtiva sem ter que perder tempo de máquina para a realização dos estudos. Segue abaixo outros benefícios do estudo:

- A precisão dos dados utilizados nos estudos proporcionados pelo mapeamento do processo e pela validação do modelo melhorou os resultados obtidos nas análises;
- A precisão dos resultados obtidos auxilia a melhorar a qualidade de todos os outros estudos quem se utilizam deles;
- A possibilidade de alterar qualquer variável do modelo e em pouco tempo poder analisar os resultados.

Sabe-se o quanto é importante para uma empresa que um projeto aconteça conforme planejado, pois os estudos de viabilidade econômica e até mesmo os compromissos de produção dependem deste acerto. A aplicação da simulação ainda na fase de planejamento do projeto auxilia na redução de graves erros de projeto, como o que já foi destacado anteriormente. Esta redução beneficia a empresa no momento da implantação do projeto reduzindo o tempo necessário para o bom e correto funcionamento da linha, eliminando assim os desperdícios de tempo com testes práticos que podem ser substituídos por análises ainda na fase de projeto através das ferramentas utilizadas neste estudo.

5.4. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho desenvolvido teve duas principais dificuldades: a restrição do tempo e de distância. O estágio foi realizado no escritório de São Paulo e a cidade onde a fábrica está instalada é Santa Bárbara D'Oeste. Essa distância, aliada ao cronograma de 7 meses para o desenvolvimento desta dissertação fez com que algumas simplificações fossem adotadas para conseguir viabilizar este trabalho e conseguir finalizar sem exceder o cronograma proposto.

É possível, a partir da modelagem deste trabalho, refinar o modelo e criar sub-rotinas para cada fase do processo. Uma grande vantagem para a realização dos refinamentos é a maneira como o modelo foi desenvolvido. Como o *software* ProModel® permite a mescla de

vários sub-modelos, as fases já foram modeladas por partes, e é possível realizar o detalhamento de uma fase separada do restante do modelo e desta maneira a validação do modelo da fase fica facilitada. Depois deste refinamento, é possível realizar a mescla dos modelos e desta forma obtém-se uma fase completamente detalhada do modelo.

A eliminação de outros tipos de simplificações também são sugestões para trabalhos futuros. Caso a Engenharia de Produção da fábrica deseje estudar um sistema de custeio, basta acrescentar variáveis de custos fixos e variáveis e determinar o escopo deste novo modelo de simulação. O dimensionamento da mão-de-obra também pode ser realizado caso sejam criados os grupos de trabalhos e as rotas desses grupos, bem como as *interfaces* entre os roteamentos e as máquinas.

Outro trabalho que pode ser feito é uma análise de custos para estudar a viabilidade da aquisição ou ampliação de maquinário de engomagem, visto que o modelo apontou que há possibilidade dessa fase se tornar um problema caso ocorram imprevistos que façam com que a tecelagem venha a ficar ociosa.

O estudo que mostrou que a redução dos lotes é uma alternativa para a oscilação do estoque de rolos da tecelagem também pode e deve ser estudado mais profundamente, de modo que um projeto de PPCP pode ser desenvolvido para aproveitar o maior número de *setups* que a redução do lote produzirá e desta forma conseguir planejar a produção de uma quantidade maior de linhas de produtos, seja por variação de títulos do tecido seja por cores.

É muito importante ressaltar que o modelo criado para este trabalho, apesar de ser simplificado (mas voltado para o objetivo determinado para este trabalho), não impede qualquer detalhamento para trabalhos futuros a partir do modelo desenvolvido para este trabalho, que dependerão do objetivo que estes trabalhos terão para determinar qual parte deve ser desenvolvida com mais detalhes, visto que o *software* Promodel permite a mescla tanto de modelos (arquivos que contém o mesmo nível de detalhes que o atual) quanto de submodelos (arquivos que, por exemplo, detalham o funcionamento de uma fase).

5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho aplicou as técnicas de simulação em uma linha de manufatura em um momento que antecede os resultados dos projetos que visam o aumento do rendimento na

fase da restrição produtiva. O desenvolvimento deste trabalho mostrou que a aplicação das técnicas de simulação em uma linha de manufatura não é uma tarefa trivial e é totalmente dependente do conhecimento das pessoas, não somente nas técnicas de modelagem, mas também da análise dos resultados. Além disto, vale ressaltar que a qualidade dos dados inseridos no modelo é de fundamental importância para que os resultados sejam satisfatórios, sendo a ferramenta de mapeamento de processo a melhor forma para isso.

Também deve ser ressaltado o poder da simulação como ferramenta de análise de um sistema produtivo complexo onde existem diversas interações entre as suas variáveis, nem sempre claras ao entendimento.

A modelagem do processo produtivo e a construção do sistema para a simulação se mostraram úteis e importantes, principalmente porque proporcionou para a empresa:

- Visualização do processo de forma dinâmica;
- Precisão nos resultados;
- Abundância de dados para análise;
- Facilidade das análises;
- Maior tempo de resposta para prever futuros problemas

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, J. *Introduction to simulation*. Proceedings of the Winter Simulation Conference. Atlanta, 2000.
- BARNES, R. M., *Estudo de Movimentos e Tempos*. Edgard Blücher, 1982, 6ª ed., São Paulo.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. 2ª Edição. São Paulo: Ed. dos Autores, 2007
- FERREIRA, J. C. E.; MOURA, E. B.; RIBEIRO, L. P. G. *O uso da simulação para aumentar a competência da indústria junto ao mercado externo*. XXII ENEGEP. Curitiba, outubro 2002.
- HARREL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. *Simulation Using Promodel*, 2002.
- HERNANDEZ, A. E. *Material de Aula “PRO 2312 – Engenharia Econômica”*, 2008.
- HUNT, V. D. *Process mapping: how to reengineer your business process*. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- JOHANSSON, H. J. et al. *Processos de negócios*. São Paulo: Pioneira, 1995.
- LAW, A.; KELTON, D. *Simulation modeling and analysis*. New York, McGraw-Hill, 2000.
- LOBÃO, E. C.; PORTO, A. J. V. *Proposta para sistematização de estudos de simulação*. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Gramado, RS, 1997.
- MORAES, L. H. *Procedimento metodológico para simulação de linhas de fabricação*. Dissertação doutorado em engenharia de produção. USP, São Paulo, 2004

- MELLO, C. H. P.; SALGADO, E. G. *Mapeamento dos processos em serviços: estudo de caso em duas pequenas empresas da área de saúde*. In: ENEGEP, 25., 2005, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 2005.

- MIYAKE, D.; *Notas de Aula – PRO 2420*, 2009.

- MIYAKE, D. I.; SAKURADA, N. *Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços*. Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, jan.-mar. 2009

- PAIVA, C.N.; MONTEVECHI, J. A. B.; COSTA, R. F. S.; LEAL, F.; JESUS, J. T. *Consideração de tolerâncias no tempo do trabalho humano em um modelo de simulação computacional*. IN . In. XLI SBPO, 2009, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: SBPO, 2009.

- PEREIRA, I. C. *Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes*. Dissertação mestrado em engenharia de produção. UNIFEI, Itajubá, MG, 2000

- PIDD, M. *Modelagem empresarial*. Porto Alegre: Bookman, 1998.

- PROMODEL® USER’S GUIDE. *ProModel® Corporation*, 2002.ProModel®.

- SAAD, S. M. *The reconfiguration issues in manufacturing systems*. Journal of Materials Processing Technology, 138, pp. 277-283, 2003.

- SARGENT, R. G. *Validation and Verification of Simulation Models*. Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. R .G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, 2008

- VILLELA, C. S. S. *Mapeamento do processo como ferramenta de reestruturação e aprendizagem organizacional*. Dissertação de mestrado. UFSC. Santa Catarina, 2000.

- YANG, Y. H.; HADDAD, K; CHOW, C. W. *Capacity Planning Using Monte Carlo Simulation: An Illustrative Application of Commonly Available PC Software*. Managerial Finance, 2001.

- ZACCARELLI, S. B. *Programação e controle da produção*. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1979.

ANEXO 1 – PROGRAMAÇÃO DA MODELAGEM NO SOFTWARE

* Locais *

Nome	Cap	Unidade	Estatísticas	Regras	Custo

Recebimento_Algodão	750	1	Série de Tempo	O Mais Velho, , Primeiro	
Preparação_Mistas	50	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Linha_Abertura_1	1	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Linha_Abertura_2	1	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Linha_Abertura_3	1	1	Série de Tempo	O Mais Velho, , Primeiro	
Estoque_Cardas_1	200	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Estoque_Cardas_2	200	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Estoque_Cardas_3	200	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Cardas_1	4	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Cardas_2	4	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Cardas_3	4	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Estoque_Latas_Cardas_1	200	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Estoque_Latas_Cardas_2	200	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Estoque_Latas_Cardas_3	200	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Passadeiras_1	6	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Passadeiras_2	6	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Passadeiras_3	6	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Estoque_Latas_Passadeiras	1600	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_1	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_2	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_3	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_4	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_5	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_6	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_7	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Maçaroqueira_8	98	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Linha_de_Guerra	1000	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Fiadeira_1	243	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Fiadeira_2	243	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Fiadeira_3	243	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	
Fiadeira_4	243	1	Série de Tempo	O Mais Velho, ,	

Estoque_Fiadeira	1000	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Fiadeira_A	2	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Fiadeira_B	2	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Fiadeira_C	2	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Fiadeira_D	2	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Enroladeira_A	101	1	Série de Tempo O Mais Velho, , Primeiro
Enroladeira_B	101	1	Série de Tempo O Mais Velho, , Primeiro
Enroladeira_C	101	1	Série de Tempo O Mais Velho, , Primeiro
Enroladeira_D	101	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Enroladeira	400	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Saída_Outras_Fábricas	200	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Carrinhos	100	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Carrinhos_Ball	250	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Ball_1	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Ball_2	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Ball_3	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Ball_4	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Ball_5	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Ball_6	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoques_Rolos_Ball	180	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Linha_de_Tingimento_1	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Linha_de_Tingimento_2	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Latas_de_Cordas_Tintas	108	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Rebeamer_1	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Rebeamer_2	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Rebeamer_3	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Rebeamer_4	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Rebeamer_5	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Rebeamer_6	1	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoques_Rolos_Tintos	50	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Carrinho_Transportador	INFINITE	1	Série de Tempo O Mais Velho, FIFO,
Estoque_Engomadeira	24	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Engomadeira	12	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Depósito_Tatuí	INF	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Estoque_Tecelagem	50	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Tecelagem_P7200_1	30	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Tecelagem_P7150_1	30	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,
Tecelagem_P7200_2	30	1	Série de Tempo O Mais Velho, ,

Operadores_Linha_de_Abertura	Passante	Velocidade & Distância	Local_de_Descanço	LA3
Bi 13.14	1			
		LA3	LA2	Bi 10.42 1
		LA2	LA1	Bi 8.71 1
Linha_de_Abertura_Cardas	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 3.43
1		R3	R4	Bi 4.29 1
		R5	R6	Bi 3.71 1
Estoque_Cardas_Cardas	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 2.87
1		R3	R4	Bi 3.00 1
		R5	R6	Bi 3.14 1
Cardas_Estoque	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 4.42 1
		R3	R4	Bi 3.00 1
		R5	R6	Bi 2.57 1
Estoque_Passadeiras	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 2.71
1		R3	R4	Bi 5.00 1
		R5	R6	Bi 3.72 1
Passadeiras_Grande_Estoque	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 9.75
1		R3	R2	Bi 1.42 1
		R4	R2	Bi 9.16 1
		R2	R5	Bi 2.00 1
Estoque_Passadeira_Maçaroqueir	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi
3.57	1			
		R2	R3	Bi 10.00 1
		R3	R4	Bi 9.57 1
		R2	R5	Bi 11.57 1
		R5	R6	Bi 8.14 1
Maçaroqueiras_Linha_Guerra	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 9.14
1		R2	R3	Bi 10.42 1
		R3	R4	Bi 2.14 1
		R5	R6	Bi 8.71 1
		R6	R3	Bi 11.57 1
Linha_de_Guerra_Fiadeiras	Passante	Velocidade & Distância R1	R2	Bi 2.00
1				

		R2	R3	Bi	11.57	1		
		R2	R4	Bi	11.57	1		
Fiadeiras_Estoque_Fiadeiras	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	11.71
1								
		R2	R3	Bi	12.42	1		
		R2	R4	Bi	3.71	1		
Estoque_Fiadeiras_Por_Título	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	5.28
1								
		R2	R3	Bi	3.14	1		
		R3	R4	Bi	3.57	1		
		R4	R5	Bi	2.71	1		
		R5	R6	Bi	1.42	1		
		R4	R7	Bi	1.57	1		
		R3	R8	Bi	1.28	1		
		R2	R9	Bi	1.28	1		
Estoque_Enroladeira_Enroladeir	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	6.00
1								
		R3	R4	Bi	5.71	1		
		R5	R6	Bi	5.00	1		
		R7	R8	Bi	5.00	1		
Enroladeira_Grande_Estoque	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	2.12
1								
		R3	R2	Bi	5.82	1		
		R4	R2	Bi	4.09	1		
		R2	R5	Bi	2.57	1		
		R6	R2	Bi	7.29	1		
Grande_Estoque_Tipo_Estoque	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	
6.45	1							
		R1	R3	Bi	4.75	1		
Carrinho_Estoque_Carrinho	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	49.14
1								
Estoque_Carrinho_Ball	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	2.00
1								
		R2	R3	Bi	1.28	1		
		R3	R4	Bi	3.00	1		
		R4	R5	Bi	2.71	1		
		R5	R6	Bi	2.28	1		
		R4	R7	Bi	2.57	1		

		R3	R8	Bi	3.00	1		
		R2	R9	Bi	1.57	1		
		R9	R10	Bi	2.42	1		
		R10	R11	Bi	2.42	1		
		R11	R12	Bi	3.00	1		
		R10	R13	Bi	2.85	1		
		R9	R14	Bi	2.85	1		
Ball_Estoque_Rolos	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	5.71
1								
		R2	R3	Bi	3.00	1		
		R2	R4	Bi	2.85	1		
		R4	R5	Bi	3.28	1		
		R4	R6	Bi	2.57	1		
		R6	R7	Bi	2.71	1		
		R6	R8	Bi	3.28	1		
		R8	R9	Bi	3.42	1		
		R8	R10	Bi	2.42	1		
		R10	R11	Bi	2.71	1		
		R10	R12	Bi	4.57	1		
Estoque_LT1	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	9.14 1
Estoque_LT2	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	7.42 1
LT1_Latas	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	8.42 1
LT2_Latas	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	8.71 1
Estoque_Latas_Rebeamer	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	17.42
1								
		R2	R3	Bi	3.42	1		
		R3	R4	Bi	4.14	1		
		R4	R5	Bi	3.71	1		
		R5	R6	Bi	3.85	1		
		R6	R7	Bi	3.14	1		
		R7	R8	Bi	3.57	1		
		R6	R9	Bi	3.42	1		
		R5	R10	Bi	3.85	1		
		R4	R11	Bi	3.57	1		
		R3	R12	Bi	3.57	1		
		R2	R13	Bi	3.71	1		
Rebeamer_Estoque	Passante	Velocidade & Distância R1				R2	Bi	9.70
1								

		R3	R2	Bi	6.39	1	
		R4	R2	Bi	3.89	1	
		R5	R2	Bi	3.38	1	
		R6	R2	Bi	5.78	1	
		R7	R2	Bi	8.82	1	
		R2	R8	Bi	2.71	1	
Estoque_Carrinho	Passante	Velocidade & Distância R1		R2		Bi	20.23
1							
Carrinho_Estoque_Engomadeira	Passante	Velocidade & Distância R1		R2		Bi	
2.57	1						
Estoque_Engomagem	Passante	Velocidade & Distância R1		R2		Bi	7.00
1							
Saída_Engomadeira	Passante	Velocidade & Distância R1		R2		Bi	3.28
1							
		R2	R3	Bi	10.57	1	
		R2	R4	Bi	5.14	1	
Tecelagem	Passante	Velocidade & Distância R1		R2		Bi	5.57
		R2	R3	Bi	8.71	1	
		R4	R5	Bi	14.71	1	
		R3	R6	Bi	15.71	1	
		R2	R7	Bi	6.42	1	
		R7	R4	Bi	8.71	1	
		R7	R8	Bi	12.57	1	

* Interfaces *

Red	Nó	Local

Preparação_das_Mistas	R2	Recebimento_Algodão
	R3	Preparação_Mistas
Linha_de_Abertura	R7	Linha_Abertura_3
	R8	Linha_Abertura_2
	R5	Linha_Abertura_1
	R1	Preparação_Mistas
Operadores_Linha_de_Abertura	LA3	Linha_Abertura_1
	LA2	Linha_Abertura_2
	LA1	Linha_Abertura_3

Linha_de_Abertura_Cardas	R4	Estoque_Cardas_2
	R6	Estoque_Cardas_1
	R2	Estoque_Cardas_3
	R1	Linha_Abertura_3
	R3	Linha_Abertura_2
	R5	Linha_Abertura_1
Estoque_Cardas_Cardas	R2	Cardas_3
	R1	Estoque_Cardas_3
	R3	Estoque_Cardas_2
	R4	Cardas_2
	R6	Cardas_1
	R5	Estoque_Cardas_1
Cardas_Estoque	R2	Estoque_Latas_Cardas_3
	R1	Cardas_3
	R3	Cardas_2
	R4	Estoque_Latas_Cardas_2
	R6	Estoque_Latas_Cardas_1
	R5	Cardas_1
Estoque_Passadeiras	R2	Passadeiras_3
	R4	Passadeiras_2
	R6	Passadeiras_1
	R5	Estoque_Latas_Cardas_1
	R3	Estoque_Latas_Cardas_2
	R1	Estoque_Latas_Cardas_3
Passadeiras_Grande_Estoque	R5	Estoque_Latas_Passadeiras
	R1	Passadeiras_3
	R3	Passadeiras_2
	R4	Passadeiras_1
Estoque_Passadeira_Maçaroqueir	R3	Maçaroqueira_7
	R3	Maçaroqueira_5
	R4	Maçaroqueira_8
	R4	Maçaroqueira_6
	R5	Maçaroqueira_3
	R5	Maçaroqueira_1
	R6	Maçaroqueira_4
	R6	Maçaroqueira_2
	R1	Estoque_Latas_Passadeiras
Maçaroqueiras_Linha_Guerra	R1	Maçaroqueira_7

	R1	Maçaroqueira_5	
	R2	Maçaroqueira_8	
	R2	Maçaroqueira_6	
	R4	Linha_de_Guerra	
	R6	Maçaroqueira_2	
	R6	Maçaroqueira_4	
	R5	Maçaroqueira_3	
	R5	Maçaroqueira_1	
Linha_de_Guerra_Fiadeiras	R3	Fiadeira_4	
	R3	Fiadeira_3	
	R4	Fiadeira_2	
	R4	Fiadeira_1	
	R1	Linha_de_Guerra	
Fiadeiras_Estoque_Fiadeiras	R1	Fiadeira_4	
	R1	Fiadeira_3	
	R3	Fiadeira_2	
	R3	Fiadeira_1	
	R4	Estoque_Fiadeira	
Estoque_Fiadeiras_Por_Título	R1	Estoque_Fiadeira	
	R9	Estoque_Fiadeira_D	
	R8	Estoque_Fiadeira_C	
	R7	Estoque_Fiadeira_B	
	R6	Estoque_Fiadeira_A	
Estoque_Enroladeira_Enroladeir	R2	Enroladeira_C	
	R4	Enroladeira_B	
	R6	Enroladeira_A	
	R8	Enroladeira_D	
	R7	Estoque_Fiadeira_D	
	R1	Estoque_Fiadeira_C	
	R3	Estoque_Fiadeira_B	
	R5	Estoque_Fiadeira_A	
Enroladeira_Grande_Estoque	R5	Estoque_Enroladeira	
	R3	Enroladeira_C	
	R1	Enroladeira_B	
	R4	Enroladeira_A	
	R6	Enroladeira_D	
Grande_Estoque_Tipo_Estoque	R3	Saída_Outras_Fábricas	
	R2	Estoque_Carrinhos	

Carrinho_Estoque_Carrinho	R2	Estoque_Carrinhos_Ball
	R1	Estoque_Carrinhos
Estoque_Carrinho_Ball	R1	Estoque_Carrinhos_Ball
	R6	Ball_6
	R7	Ball_5
	R8	Ball_4
	R14	Ball_3
	R13	Ball_2
	R12	Ball_1
Ball_Estoque_Rolos	R1	Ball_6
	R3	Ball_5
	R5	Ball_4
	R7	Ball_3
	R9	Ball_2
	R11	Ball_1
	R12	Estoques_Rolos_Ball
Estoque_LT1	R2	Linha_de_Tingimento_1
	R1	Estoques_Rolos_Ball
Estoque_LT2	R2	Linha_de_Tingimento_2
	R1	Estoques_Rolos_Ball
LT1_Latas	R2	Estoque_Latas_de_Cordas_Tintas
	R1	Linha_de_Tingimento_1
LT2_Latas	R2	Estoque_Latas_de_Cordas_Tintas
	R1	Linha_de_Tingimento_2
Estoque_Latas_Rebeamer	R13	Rebeamer_1
	R12	Rebeamer_2
	R11	Rebeamer_3
	R10	Rebeamer_4
	R9	Rebeamer_5
	R8	Rebeamer_6
Rebeamer_Estoque	R8	Estoques_Rolos_Tintos
	R1	Rebeamer_1
	R3	Rebeamer_2
	R4	Rebeamer_3
	R5	Rebeamer_4
	R6	Rebeamer_5
	R7	Rebeamer_6
Estoque_Carrinho	R1	Estoques_Rolos_Tintos

	R2	Carrinho_Transportador	
Carrinho_Estoque_Engomadeira	R1	Carrinho_Transportador	
	R2	Estoque_Engomadeira	
Estoque_Engomagem	R2	Engomadeira	
	R1	Estoque_Engomadeira	
Saída_Engomadeira	R1	Engomadeira	
	R4	Estoque_Tecelagem	
	R3	Depósito_Tatuí	
Tecelagem	R1	Estoque_Tecelagem	
	R3	Tecelagem_P7200_1	
	R6	Tecelagem_P7200_2	
	R5	Tecelagem_P7150_2	
	R4	Tecelagem_P7150_1	

* Mapeamento *

Red	De	Para	Dest

Linha_de_Abertura	R4	R1	
	R6	R4	
	R2	R4	
	R3	R2	
	R4	R6	
	R6	R7	
	R6	R8	
	R4	R2	
	R2	R3	
	R3	R5	
	R3	Descanço_Empilhadeira	
Passadeiras_Grande_Estoque	R2	R1	
	R2	R3	
	R2	R4	
	R2	R5	
Estoque_Passadeira_Maçaroqueir	R2	R1	
	R2	R3	
	R2	R5	

Maçaroqueiras_Linha_Guerra	R3	R2
	R3	R4
	R3	R6
Linha_de_Guerra_Fiadeiras	R2	R1
	R2	R3
	R2	R4
Fiadeiras_Estoque_Fiadeiras	R2	R1
	R2	R3
	R2	R4
Estoque_Fiadeiras_Por_Título	R2	R1
	R3	R2
	R4	R3
	R2	R3
	R3	R4
	R4	R5
	R4	R7
	R3	R8
	R2	R9
Enroladeira_Grande_Estoque	R2	R1
	R2	R3
	R2	R4
	R2	R5
	R2	R6
Estoque_Carrinho_Ball	R2	R1
	R3	R2
	R4	R3
	R9	R2
	R10	R9
	R2	R3
	R3	R4
	R4	R5
	R4	R7
	R3	R8
	R2	R9
	R9	R10
	R10	R11
	R10	R13
	R9	R14

Ball_Estoque_Rolos R2 R1

R4 R2

R6 R4

R8 R6

R10 R8

R2 R3

R2 R4

R4 R5

R4 R6

R6 R7

R6 R8

R8 R9

R8 R10

R10 R11

R10 R12

Estoque_Latas_Rebeamer R2 R3

R3 R4

R4 R5

R5 R6

R6 R7

R6 R9

R5 R10

R6 R5

R4 R11

R5 R4

R3 R12

R4 R3

R2 R13

R3 R2

Rebeamer_Estoque R2 R1

R2 R3

R2 R4

R2 R5

R2 R6

R2 R7

R2 R8

Saída_Engomadeira R2 R1

R2 R3

	R2	R4
Tecelagem		R2
	R7	R2
	R2	R3
	R2	R7
	R7	R4

* Recursos *

	Rec	Ent				
Nome	Unid	Estatísticas	Pesquisar	Pesquisar	Caminho	Movimentação
Custo						

Empilhadeira_Mista 1 Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Preparação_das_Mistas Vazio: 3
mpm

Base: Descanço_da_Empilhadeira Cheio: 1.2 mpm
(Retornar)

Buscar: N(12,4) Segundos

Depositar: N(7,4) Segundos

Empilhadeira_Fiação	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Linha_de_Abertura	Vazio:
150 mpm			

Base: Descanço_Empilhadeira Cheio: 150 mpm
(Retornar)

Buscar: N(12,4) Segundos

Depositar: N(4,3) Segundos

Carrinho Ball	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Linha_de_Abertura	Vazio: 150 mpm
---------------	---	---	----------------

Base: Descanço_Empilhadeira Cheio: 150 mpm
(Retornar)

Buscar: N(12,4) Segundos

Depositar: N(4,3) Segundos

Carrinho Rolo_Engomado	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Linha_de_Abertura
Vazio: 150 mpm		

Base: Descanço_Empilhadeira Cheio: 150 mpm

		(Retornar)		Buscar: N(12,4) Segundos Depositar: N(4,3) Segundos	
Empilhadeira_Tingimento 150 mpm	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Linha_de_Abertura	Vazio:		
		Base: Descanço_Empilhadeira	Cheio: 150 mpm		
		(Retornar)		Buscar: N(12,4) Segundos Depositar: N(4,3) Segundos	
Empilhadeira_Tecelagem 150 mpm	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Linha_de_Abertura	Vazio:		
		Base: Descanço_Empilhadeira	Cheio: 150 mpm		
		(Retornar)		Buscar: N(12,4) Segundos Depositar: N(4,3) Segundos	
Manutentor_Fiação Vazio: 1.2 mpm	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operdadores_Linha_de_Abertura			
		Base: Local_de_Descanço	Cheio: 1.2 mpm		
		(Retornar)			
Manutentor_Tecelagem Vazio: 1.2 mpm	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operdadores_Linha_de_Abertura			
		Base: Local_de_Descanço	Cheio: 1.2 mpm		
		(Retornar)			
Manutentor_Tingimento Vazio: 1.2 mpm	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operdadores_Linha_de_Abertura			
		Base: Local_de_Descanço	Cheio: 1.2 mpm		
		(Retornar)			
Manutentor_Engomagem Vazio: 1.2 mpm	3	Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operdadores_Linha_de_Abertura			

Base: Local_de_Descanço Cheio: 1.2 mpm
(Retornar)

Operador_Setup_Fiação 2 Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operadores_Linha_de_Abertura Vazio:
0.6 mpm

Base: Local_de_Descanço Cheio: 0.6 mpm
(Retornar)

Operador_Setup_Tecelagem 2 Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operadores_Linha_de_Abertura
Vazio: 0.6 mpm

Base: Local_de_Descanço Cheio: 0.6 mpm
(Retornar)

Operador_Setup_Tingimento 2 Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operadores_Linha_de_Abertura
Vazio: 0.6 mpm

Base: Local_de_Descanço Cheio: 0.6 mpm
(Retornar)

Operador_Setup_Ball_Rebeamer	2	Por	Unidade	Mais	Próximo	Mais	Velha
Operadores_Linha_de_Abertura	Vazio: 0.6 mpm						

Base: Local_de_Descanço Cheio: 0.6 mpm
(Retornar)

Operador_Setup_Engomadeira 2 Por Unidade Mais Próximo Mais Velha Operadores_Linha_de_Abertura
Vazio: 0.6 mpm

Base: Local_de_Descanço Cheio: 0.6 mpm
(Retornar)

* Processamento *

Entidade		Processo	Roteamento		Lógica de	
Local	Movimento	Operação	Bl	Saída	Destino	Regra

—

Algodão	Recebimento_Algodão	WAIT 3 HR
---------	---------------------	-----------

GROUP 75 AS Algodão

A_Tipo_Mista = D_Tipo_Mista()

1 Algodão Preparação_Mistas FIRST 1 MOVE WITH
Empilhadeira_Mista THEN FREE

Algodão Preparação_Mistas 1 Algodão Linha_Abertura_1 FIRST 1
MOVE WITH Empilhadeira_Fiação THEN FREE

V_Tipo_Mista_L1 =
A_Tipo_Mista
IF A_Tipo_Mista =
V_Tipo_Mista_L1 THEN

{
WAIT 0 SEC
}
ELSE
{
WAIT 1 HR
}

Algodão Linha_Abertura_2 FIRST MOVE WITH
Empilhadeira_Fiação THEN FREE

V_Tipo_Mista_L2 =
A_Tipo_Mista
IF A_Tipo_Mista =
V_Tipo_Mista_L2 THEN

{
WAIT 0 SEC
}
ELSE
{
WAIT 1 HR
}

Algodão Linha_Abertura_3 FIRST MOVE WITH
Empilhadeira_Fiação THEN FREE

V_Tipo_Mista_L3 =
A_Tipo_Mista

```

IF      A_Tipo_Mista      =
V_Tipo_Mista_L3 THEN

{
  WAIT 0 SEC
}
ELSE
{
  WAIT 1 HR
}

Algodão    Linha_Abertura_1      WAIT 14.63 HR

1  Algodão    Estoque_Cardas_1      FIRST 42  MOVE FOR 1
MIN

Algodão    Linha_Abertura_2      WAIT 13.58 HR

1  Algodão    Estoque_Cardas_2      FIRST 42  MOVE FOR 1
MIN

Algodão    Linha_Abertura_3      WAIT 19.01 HR

1  Algodão    Estoque_Cardas_3      FIRST 42  MOVE FOR 1
MIN

Algodão    Estoque_Cardas_1      1  Algodão    Cardas_1      FIRST 1  MOVE
FOR 3 MIN

Algodão    Estoque_Cardas_2      1  Algodão    Cardas_2      FIRST 1  MOVE
FOR 3 MIN

Algodão    Estoque_Cardas_3      1  Algodão    Cardas_3      FIRST 1  MOVE
FOR 3 MIN

Algodão    Cardas_1      WAIT 54.62 MIN
1  Algodão    Estoque_Latas_Cardas_1      FIRST 2  MOVE FOR
1 MIN

Algodão    Cardas_2      WAIT 54.62 MIN      1  Algodão    Estoque_Latas_Cardas_2
FIRST 1  MOVE FOR 1 MIN

Algodão    Cardas_3      WAIT 54.62 MIN      1  Algodão    Estoque_Latas_Cardas_3
FIRST 1  MOVE FOR 1 MIN

```



```

1 Algodão Linha_de_Guerra FIRST 1 MOVE FOR 26
SEC
Algodão Maçaroqueira_4 WAIT 2.2 HR
A_Título = D_Título()
1 Algodão Linha_de_Guerra FIRST 1 MOVE FOR 26
SEC
Algodão Maçaroqueira_5 WAIT 2.2 HR
A_Título = D_Título()
1 Algodão Linha_de_Guerra FIRST 1 MOVE FOR 26
SEC
Algodão Maçaroqueira_6 WAIT 2.2 HR
A_Título = D_Título()
1 Algodão Linha_de_Guerra FIRST 1 MOVE FOR 26
SEC
Algodão Maçaroqueira_7 WAIT 2.2 HR
A_Título = D_Título()
1 Algodão Linha_de_Guerra FIRST 1 MOVE FOR 26
SEC
Algodão Maçaroqueira_8 WAIT 2.2 HR
A_Título = D_Título()
1 Algodão Linha_de_Guerra FIRST 1 MOVE FOR 26
SEC
Algodão Linha_de_Guerra 1 Algodão Fiadeira_1 FIRST 1 MOVE
FOR 48 SEC
Algodão Fiadeira_2 FIRST MOVE FOR 48 SEC
Algodão Fiadeira_3 FIRST MOVE FOR 48 SEC
Algodão Fiadeira_4 FIRST MOVE FOR 48 SEC
Algodão Fiadeira_1 WAIT 1.9 HR 1 Algodão Estoque_Fiadeira FIRST 1
MOVE FOR 3.5 MIN
Algodão Fiadeira_2 WAIT 1.9 HR 1 Algodão Estoque_Fiadeira FIRST 1
MOVE FOR 3.5 MIN
Algodão Fiadeira_3 WAIT 1.9 HR 1 Algodão Estoque_Fiadeira FIRST 1
MOVE FOR 3.5 MIN
Algodão Fiadeira_4 WAIT 1.9 HR 1 Algodão Estoque_Fiadeira FIRST 1
MOVE FOR 3.5 MIN
Algodão Estoque_Fiadeira ACCUM 50

```

100 SEC	1	Algodão	Estoque_Fiadeira_A	FIRST 1	MOVE FOR
100 SEC		Algodão	Estoque_Fiadeira_B	FIRST	MOVE FOR
100 SEC		Algodão	Estoque_Fiadeira_C	FIRST	MOVE FOR
100 SEC		Algodão	Estoque_Fiadeira_D	FIRST	MOVE FOR
Algodão		Estoque_Fiadeira_A	1	Algodão	Enroladeira_A
MOVE FOR 15 SEC				FIRST 1	
Algodão		Estoque_Fiadeira_B	1	Algodão	Enroladeira_B
MOVE FOR 15 SEC				FIRST 1	
Algodão		Estoque_Fiadeira_C	1	Algodão	Enroladeira_C
MOVE FOR 15 SEC				FIRST 1	
Algodão		Estoque_Fiadeira_D	1	Algodão	Enroladeira_D
MOVE FOR 15 SEC				FIRST 1	
Algodão		Enroladeira_A	WAIT 50 MIN		
		A_Destino = D_Destino()			
12 MIN	1	Algodão	Estoque_Enroladeira	FIRST 2	MOVE FOR
Algodão		Enroladeira_B	WAIT 50 MIN		
		A_Destino = D_Destino()			
12 MIN	1	Algodão	Estoque_Enroladeira	FIRST 2	MOVE FOR
Algodão		Enroladeira_C	WAIT 50 MIN		
		A_Destino = D_Destino()			
12 MIN	1	Algodão	Estoque_Enroladeira	FIRST 2	MOVE FOR
Algodão		Enroladeira_D	WAIT 50 MIN		
		A_Destino = D_Destino()			
12 MIN	1	Algodão	Estoque_Enroladeira	FIRST 2	MOVE FOR
Algodão		Estoque_Enroladeira	IF A_Destino = 1 THEN		
		{			
		ROUTE 1			
		}			
		ELSE			
		{			

GROUP 3 AS Algodão
 ROUTE 2
 }

1 Trama Saída_Outras_Fábricas FIRST 1 MOVE FOR
 15 SEC

2 Carrinho_Ball Estoque_Carrinhos FIRST 1 MOVE FOR
 60 SEC

Carrinho_Ball Estoque_Carrinhos 1 Carrinho_Ball Estoque_Carrinhos_Ball FIRST
 1 MOVE ON Carrinho_Estoque_Carrinho

Carrinho_Ball Estoque_Carrinhos_Ball 1 Urdume Ball_1 FIRST 1
 MOVE FOR 7 MIN

Urdume Ball_2 FIRST MOVE FOR 7 MIN

Urdume Ball_3 FIRST MOVE FOR 7 MIN

Urdume Ball_4 FIRST MOVE FOR 7 MIN

Urdume Ball_5 FIRST MOVE FOR 7 MIN

Urdume Ball_6 FIRST MOVE FOR 7 MIN

Urdume Ball_1 WAIT 61.5 MIN 1 Urdume Estoques_Rolos_Ball FIRST 1
 MOVE FOR 41 SEC

Urdume Ball_2 WAIT 61.5 MIN 1 Urdume Estoques_Rolos_Ball FIRST 1
 MOVE FOR 43 SEC

Urdume Ball_3 WAIT 61.5 MIN 1 Urdume Estoques_Rolos_Ball FIRST 1
 MOVE FOR 88 SEC

Urdume Ball_4 WAIT 61.5 MIN 1 Urdume Estoques_Rolos_Ball FIRST 1
 MOVE FOR 100.39 SEC

Urdume Ball_5 WAIT 61.5 MIN 1 Urdume Estoques_Rolos_Ball FIRST 1
 MOVE FOR 110 SEC

Urdume Ball_6 WAIT 61.5 MIN 1 Urdume Estoques_Rolos_Ball FIRST 1
 MOVE FOR 120 SEC

Urdume Estoques_Rolos_Ball GROUP 36 AS Urdume

1 Urdume Linha_de_Tingimento_1 FIRST 1 MOVE FOR
 19 MIN

Urdume Linha_de_Tingimento_2 FIRST MOVE FOR
 19 MIN

Urdume Linha_de_Tingimento_1 WAIT 13 HR 1 Urdume
 Estoque_Latas_de_Cordas_Tintas FIRST 36

Urdume	Linha_de_Tingimento_2	WAIT 13 HR	1	Urdume
Estoque_Latas_de_Cordas_Tintas FIRST 36				
Trama	Saída_Outras_Fábricas	1	Trama	EXIT FIRST 1
Urdume	Estoque_Latas_de_Cordas_Tinta	1	Urdume	Rebeamer_1 FIRST 1
MOVE FOR 45 SEC				
	Urdume	Rebeamer_2	FIRST	MOVE FOR 45 SEC
	Urdume	Rebeamer_3	FIRST	MOVE FOR 45 SEC
	Urdume	Rebeamer_4	FIRST	MOVE FOR 45 SEC
	Urdume	Rebeamer_5	FIRST	MOVE FOR 45 SEC
	Urdume	Rebeamer_6	FIRST	MOVE FOR 45 SEC
Urdume	Rebeamer_1	WAIT 1.4 HR	1	Urdume
FIRST 1	MOVE FOR 50 SEC			Estoques_Rolos_Tintos
Urdume	Rebeamer_2	WAIT 1.4 HR	1	Urdume
FIRST 1	MOVE FOR 50 SEC			Estoques_Rolos_Tintos
Urdume	Rebeamer_3	WAIT 1.4 HR	1	Urdume
FIRST 1	MOVE FOR 50 SEC			Estoques_Rolos_Tintos
Urdume	Rebeamer_4	WAIT 1.4 HR	1	Urdume
FIRST 1	MOVE FOR 50 SEC			Estoques_Rolos_Tintos
Urdume	Rebeamer_5	WAIT 1.4 HR	1	Urdume
FIRST 1	MOVE FOR 50 SEC			Estoques_Rolos_Tintos
Urdume	Rebeamer_6	WAIT 1.4 HR	1	Urdume
FIRST 1	MOVE FOR 50 SEC			Estoques_Rolos_Tintos
Urdume	Estoques_Rolos_Tintos	1	Urdume	Carrinho_Transportador FIRST 1
MOVE FOR 70 SEC				
Urdume	Carrinho_Transportador	1	Urdume	Estoque_Engomadeira FIRST 1
MOVE FOR 70 SEC				
Urdume	Estoque_Engomadeira	1	Urdume	Engomadeira FIRST 1
MOVE FOR 3 MIN				
Urdume	Engomadeira	GROUP 12 AS Urdume		
WAIT 5.5 HR				
A_Destino_Rolo = D_Destino_Rolo()				
IF A_Destino_Rolo = 1 THEN				

```

{
  ROUTE 1
}
ELSE
{
  ROUTE 2
}

1  Urdume      Depósito_Tatuí      FIRST 1  INC
V_Quantidade_Tatuí, 1

                                MOVE FOR 300 SEC
2  Urdume      Estoque_Tecelagem    FIRST 1  INC
V_Quantidade_Tecelagem, 1

                                MOVE FOR 500 SEC
Urdume      Estoque_Tecelagem

1  Urdume      Tecelagem_P7200_1    FIRST 2  MOVE FOR
0 SEC

2  Urdume      Tecelagem_P7200_2    FIRST 2  MOVE FOR
0 SEC

3  Urdume      Tecelagem_P7150_1    FIRST 2  MOVE FOR
0 SEC

4  Urdume      Tecelagem_P7150_2    FIRST 2  MOVE FOR
0 SEC
Urdume      Tecelagem_P7200_1      INC V_Tear_1, 1
                                WAIT 160.2 HR
                                DEC V_Tear_1, 1

1  Rolo_Tecido Caminhão            FIRST 15  MOVE FOR 1
MIN

                                INC V_Rolo_Produzido
Urdume      Tecelagem_P7200_2      INC V_Tear_2, 1
                                WAIT 160.2 HR
                                DEC V_Tear_2, 1

```

1 Rolo_Tecido Caminhão FIRST 15 MOVE FOR 60

SEC

INC V_Rolo_Produzido

Urdume Tecelagem_P7150_1 INC V_Tear_3, 1

WAIT 163 HR

DEC V_Tear_3, 1

1 Rolo_Tecido Caminhão FIRST 15 MOVE FOR 60

SEC

INC V_Rolo_Produzido

Urdume Tecelagem_P7150_2 INC V_Tear_4, 1

WAIT 163 HR

DEC V_Tear_4, 1

1 Rolo_Tecido Caminhão FIRST 15 MOVE FOR 50

SEC

INC V_Rolo_Produzido

Urdume Depósito_Tatuí 1 Urdume EXIT FIRST 1

Rolo_Tecido Caminhão 1 Rolo_Tecido EXIT FIRST 1

* Chegadas *

Entidade	Local	Quantidade	Primeira Vez	Ocorrências	Frequência	Lógica
----------	-------	------------	--------------	-------------	------------	--------

Algodão	Recebimento_Algodão	130	Mon, Out 20 2010 @ 09:00 AM	T(1,3,4)	N(90,45)	
---------	---------------------	-----	-----------------------------	----------	----------	--

* Atributos *

Nome	Tipo	Classificação
------	------	---------------

A_Tipo_Mista	Inteiro	Entidade
--------------	---------	----------

A_Título	Inteiro	Entidade
----------	---------	----------

A_Destino	Inteiro	Entidade
-----------	---------	----------

A_Destino_Rolo	Inteiro	Entidade
----------------	---------	----------

* Variáveis (globais) *

Nome	Tipo	Valor Inicial	Estatísticas
V_Tipo_Mista_L1	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Tipo_Mista_L2	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Tipo_Mista_L3	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Quantidade_Tatuí	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Quantidade_Tecelagem	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Rolo_Produzido	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Tear_1	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Tear_2	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Tear_3	Inteiro	0	Série de Tempo
V_Tear_4	Inteiro	0	Série de Tempo

* Distribuições de Usuário *

Nome	Tipo	Cumulativa	Porcentagem	Valor
D_Tipo_Mista	Discreto	Não	60	1
		40	2	
D_Título	Discreto	Não	90	1
		10	2	
D_Destino	Discreto	Não	20	1
		80	2	
D_Destino_Rolo	Discreto	Não	60	1
		40	2	